

Berichte der wasserwirtschaftlichen Planung

Band 79/1

**Der Quellkataster der Steiermark
Die systematische Kartierung von Quellen**

von

H. Zetinigg

mit Beiträgen

von

E. Fabiani und H. Stadlbauer

Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Landesbaudirektion

Fachabteilung III a – Wasserwirtschaft – Referat II – Wasserversorgung

Graz, 1996

Inhaltsverzeichnis

1 DIE SYSTEMATISCHE KARTIERUNG VON QUELLEN IN DER STEIERMARK UND DER QUELLKATASTER DER WASSERWIRTSCHAFTLICHEN PLANUNG³	
1.1 EINLEITUNG	4
1.2 DIE QUELLE IN DER HYDROGEOLOGISCHEN FORSCHUNG	5
1.3 DIE KARTIERUNG VON QUELLEN	12
1.3.1 Die Quellen des Koralpengebietes	23
1.3.2 Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern	28
1.3.3 Die Quellen des Hochschwabgebietes	31
1.4 ZUR QUALITÄT DES QUELLWASSERS	36
1.5 ZUR NUTZUNG VON QUELLEN	37
1.6 VERWENDETE LITERATUR	41
2 SYSTEMATISCHE QUELLBEOBACHTUNG DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES IN DER STEIERMARK	
2.1 GESETZLICHE GRUNDLAGEN	46
2.2 GRUNDLAGEN	47
2.3 AUFGABENSTELLUNG	49
2.4 ORGANISATION, AUSBAU EINES BEOBACHTUNGSNETZES	51
2.5 DAS QUELLBEOBACHTUNGSNETZ DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES (STAND 1995)	60
2.5.1 Quellbeobachtungsnetz Koralpe	60
2.5.2 Südliche Hochschwabtäler	64
2.5.3 Oberes Mürztal	67
2.5.4 Einzelquellen	70
2.6 AUSBAUKONZEPT	70
2.7 AUSWERTUNG	73
2.8 ERSTE ERFAHRUNGEN MIT DATENSAMMLERN	75
2.9 ARCHIVIERUNG	81
2.10 LITERATURVERZEICHNIS	82
3 HYDROGEOLOGISCHE ASPEKTE EINER SYSTEMATISCHEN QUELLBEOBACHTUNG	
3.1 BEEINFLUSSENDE FAKTOREN	86
3.2 HYDROGEOLOGISCHE AUSWAHLKRITERIEN FÜR EINE SYSTEMATISCHE QUELLBEOBACHTUNG	89
3.3 AUSWAHLKRITERIEN FÜR DIE STEIERMARK	93
3.3.1 Organische Sedimente (Torfe, Moore)	94
3.3.2 Lockersedimente des Quartärs und Holozäns	94
3.3.3 Sedimente des Tertiärs	98
3.3.4 Verwitterungsschichten, Böden	99
3.3.5 Wasserstauende Festgesteine mit unterschiedlicher Wasserführung über Trennfugen und Verwitterungsschichte	100
3.3.6 Spröde Festgesteine mit intensiver Zerbrechung und teils reicher Wasserführung	109
3.3.7 Chemische Eigenschaften	122

3.4 LITERATURVERZEICHNIS	125
4 DIE ERHEBUNG DER WASSERGÜTE VON QUELLEN NACH DER WASSER- GÜTEERHEBUNGSVERORDNUNG (BGBl. NR. 338/91) IN DER STEIERMARK	129
5 RICHTLINIE FÜR QUELLAUFNAHMEN	133
6 VERZEICHNIS DER BISHER ERSCHIENENEN BÄNDE	151

H. ZETINIGG

**1 DIE SYSTEMATISCHE KARTIERUNG
VON QUELLEN IN DER STEIERMARK
UND DER QUELLKATASTER DER WAS-
SERWIRTSCHAFTLICHEN PLANUNG**

Inhaltsverzeichnis

- 1.1 Einleitung
- 1.2 Die Quelle in der hydrogeologischen Forschung
- 1.3 Die Kartierung von Quellen
 - 1.3.1 Die Quellen des Koralpengebietes
 - 1.3.2 Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern
 - 1.3.3 Die Quellen des Hochschwabgebietes
- 1.4 Zur Qualität des Quellwassers
- 1.5 Zur Nutzung von Quellen
- 1.6 Verwendete Literatur

1.1 EINLEITUNG

Die Bezeichnung „Quelle“ wird in der Hydrologie und Hydrogeologie für Naturphänomene verwendet, die örtlich eng begrenzte natürliche Austritte unterirdischen Wassers darstellen. Damit ist bereits der Wortlaut der Definition von „Quelle“ in der ÖNORM B 2400 (vom 1.2.1986) wiedergegeben. Darüber hinaus wird die Bezeichnung „Quelle“ vor allem von Wüschelrutengängern, aber auch im Gewerbe des Brunnenbaues bei der Erschließung von Grundwasser oder strähnigen Wasserführungen im Untergrund (Wasseradern) durch Brunnen verwendet. Man sagt dabei, es wird eine „Quelle erbohrt“. Diese Ausdrucksweise ist alter Sprachgebrauch und geht auf eine Zeit zurück, in der der Begriff Grundwasser noch nicht im heutigen Sinne - als Wasser, das die Hohlräume im Untergrund zusammenhängend erfüllt etc. - definiert war. Auch bei Heilquellen, also in der Balneologie spricht man von „Quellen“, wenn Grundwasser, insbesondere aber Tiefengrundwasser, durch Bohrungen erschlossen wird, wie es z.B. bei den Thermen der Oststeiermark der Fall ist.

Große Quellen sind ein auffallendes Naturphänomen, das den Menschen schon immer beeindruckt und beschäftigt hat. Gerade im Mittelmeerraum mit seinen weiträumigen Karstgebieten erregten viele große Quellen (oft mit Schüttungen über $1 \text{ m}^3/\text{s}$) die Aufmerksamkeit des Menschen. Sie waren nicht nur begehrte Wasserspender, sondern auch Kultstätten. Die Theorien der griechischen Philosophen über die Entstehung der Quellen bzw. die Herkunft ihrer Wasserspende zu verfolgen, würde zu weit führen. Anfänglich wurden Quellen, wie alte Mythen zeigen, als Aufenthaltsorte göttlicher Wesen angesehen. Allmählich wurden auf Grund von Beobachtungen Hypothesen über die Herkunft der Quellwässer aufgestellt. Historiker haben später versucht aus dem Schrifttum der griechischen Philosophen Theorien über die Herkunft des Quellwassers abzuleiten und unterscheiden danach die Reservoirtheorie, Filtrationstheorie und Versickerungstheorie, die bereits Bezug auf den Niederschlag nimmt. Zur letzten Theorie sollen Xenophanes von Kolophon (580 - 485 v.Chr.) und Anaximander (611 - 547 v.Chr.) genannt werden. Großen Einfluß übte

später Aristoteles aus, der meinte, daß Quellwässer durch Kondensation feuchter Luft in den kühlen Hohlräumen des Untergrundes entstehen.

Die Ansichten des Mittelalters über Quellen lehnten sich im wesentlichen an die Antike an. Neben der kompulatorischen Wiedergabe des alten Wissens ging es vor allem darum, Übereinstimmung mit der Religion bzw. mit der Bibel zu finden.

Erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts setzte sich die Erkenntnis vom Kreislauf des Wassers und damit von der Herkunft der Quellwässer aus den Niederschlägen durch. Zuvor waren schon vereinzelt, wie z.B. von B. PALISSY (1509 - 1589) derartige Ansichten geäußert worden. Erst P. PERRAULT (1608 - 1680) und E. MARIOTTE (1620 - 1684) gelang es konkrete statistische Nachweise auf Grund von Messungen der Niederschläge und des Abflusses zu erbringen.

1.2 DIE QUELLE IN DER HYDROGEOLOGISCHEN FORSCHUNG

Im 19. Jahrhundert begann sodann die systematische empirische Erforschung des unterirdischen Wassers und so entwickelte sich dabei das Fachgebiet der Hydrogeologie. Im Rahmen dieser Wissenschaft wurde anfangs versucht ein einheitliches System der Klassifizierung von Quellen nach bestimmten Kriterien aufzustellen bzw. eine einheitliche Nomenklatur zu entwickeln.

Ausgehend von den natürlich zutage tretenden Quellen im Sinne der heutigen strengen Definition der Hydrologie (ÖNORM B 2400) und Hydrogeologie versuchte man den Verlauf unterirdischer Wasserläufe im Gebirgskörper theoretisch und praktisch zu verfolgen, um so einen Zugang zu diesen für die Wasserversorgung zu finden. Ziel war es also auch dort, wo Quellen fehlen, solche für die Wasserversorgung zu „erbohren“. Die strenge Definition von Grundwasser und Quelle war noch nicht geschaffen und man stellte sich eher eng begrenzte unterirdische Wasserführungen im Sinne von Wasseradern und Wasserstrahlen im Untergrund vor, die es zu orten und zu erbohren galt. Gleichzeitig erfolgte eine Bestandsaufnahme des Naturphänomens Quelle mit dem

Versuch, seine Eigenschaften zu ergründen (Neubildung des Quellwassers, Schüttungsschwankungen etc.).

Hier kann auf die französischen Wassersucher Abbe' J.B. PARAMELLE (1790 - 1875) verwiesen werden, der sich als „Hydroskop“ bezeichnet hat und von G. MICHEL (1987) in die Reihe der „Ahnen“ der Hydrogeologie gestellt wird. Bei Ablehnung der Wünschelrute bestand seine Methode in der Kombination regionalgeologischer Kenntnisse mit geomorphologischen und vegetationskundlichen Beobachtungen sowie den eigenen Erfahrungen bei der Grundwasserschließung in Karstgebieten. In seinem 1856 herausgegebenen Buch „L'art de decouvrir les sources“ wird der Bezeichnung Quelle auf die unterirdische Karstwasserführung - wohl im heutigen Sinne von Grundwasser - angewandt, wobei die Überlegungen zu ihrer Auffindung im Gebirgskörper auch von Quellen im heutigen Sinne der Hydrologie ausgehen. Der Analogieschluß bildet die Methodik zur Aufsuchung der „Quellen“ für die Wasserversorgung.

Intensiver befaßte sich im deutschen Sprachraum B.M. LERSCH (2. Aufl. 1870) mit dem Naturphänomen „Quelle“ und bezieht Mineral- und Thermalquellen in seine Betrachtungen ein. Auch bei ihm wird noch auf das „Erbohren von Quellen“ unter Bezug auf J.B. PARAMELLE eingegangen. LERSCH versucht Quelltypen und ihre Genese nach im heutigen Sinne hydrogeologischen Kriterien zu charakterisieren und erklären und stellt dazu zahlreiche Beispiele vor. Auf diese Art kommt es zu einer Klassifizierung von Quellen.

Wesentliche Fortschritte in der Behandlung von Quellen zeichnen sich sodann in der „Quellenkunde“ von H.J. HAAS (1895) ab. Die klare Trennung von Quellwasser und Grundwasser ist vollzogen. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Bezugnahme des Autors auf J.B. PARAMELLE und B.M. LERSCH mit folgenden Worten:

„Die vor einigen Jahren von Seiten der Verlagshandlung an mich ergangene Anfrage, ob ich bereit wäre, die Quellenkunde des Abbe' Paramelle zwecks Veranstaltung einer neuen Auflage dieses Buches zeitgemäß umzuarbeiten, glaubte ich mit dem Vorschlag beantworten zu müssen, lieber davon absehen zu wollen und mich mit der Abfassung eines vollständig neuen und dem heuti-

gen Stand der Wissenschaft entsprechenden Buches zu betrauen..... Die wichtige Rolle, welche dem Wasser im Haushalt der Natur in der Gestalt des Quell- und des Grundwassers zukommt..... möge die Herausgabe eines zusammenfassenden Werkes, wie dieses hier, wohl durchaus berechtigt erscheinen lassen. Dies dürfte noch umso mehr darum der Fall sein, weil seit der vor nunmehr 14 Jahren erschienenen Hydrophysik von Lersch ein ähnliche Zwecke verfolgendes Buch nicht mehr gedruckt wurde.“

Zur Hydrophysik von LERSCH ist besonders zu vermerken, daß die Beziehung zwischen Gestein bzw. Geologie - unterirdischer Wasserführung - und Quellaustritt die Grundlage der Darstellungen bildet.

Ein weiterer Schritt in der Behandlung von Quellen ist im Lehrbuch „Grundwasser und Quellen, eine Hydrogeologie des Untergrundes“ von H. HÖFER von HEIMHALT (1912) zu bemerken, der nach der Bewegungsrichtung des unterirdischen Wassers bzw. seinen Druckverhältnissen „abfallende“ und „aufsteigende Quellen“ unterscheidet.

Weitere immer diffizilere und detailliertere Versuche zur Klassifizierung (siehe Tab. 1) von Quellen nach bestimmten Kriterien und Schaffung einer einheitlichen Nomenklatur unternahmen K. KEILHACK (1912) und später E. PRINZ und R. KAMPE (1934).

Tab. I: Einteilung von Quellen nach hydrogeologischen Gesichtspunkten

<p>Einteilung der Quellen nach STINNY (1933)</p> <p>1. Freitiefende Quellen (Rieselquellen, Fießquellen) Auslaufquellen a) Grenzfächchen-Fießquellen Höhlen-, Röhren-, Schlauchquellen Spaltquellen Störungstreifenquellen Lavaquellen Haldenquellen Gehängeschuttquellen Schwemmnurkequellen Gehängemoorquellen Sinterquellen b) Kerkquellen (Ritzquellen, Zapfquellen) Verschnidungsquellen Furehenquellen Talquellen Gernnequellen Prallstellenquellen</p> <p>2. Überlaufquellen Geländermuldenquellen Kraterquellen Baummuldenquellen Grabensenkenquellen Verwerfungsbarrenquellen Sackquellen Wallquellen 3. Wallquellen Ruhedruckfließende Quellen, wallende Quellen, Waller, Steigquellen a) Wallquellen aus weiten Wasserbahnen Aufsteigen der Spaltquellen Aufsteigen der Schauhquellen b) Wallquellen aus Verteilgrundwasser in mehr oder minder geschlossenen Behältern Kniefaltensteigquellen Schenkelsteigquellen Muldensteigquellen Linsensteigquellen Sacksteigquellen</p>	<p>c) Wallquellen aus Verteilgrundwasser in freien Körpern infolge Querschnittsverengung des Grundwasserkörpers Spornquellen Inselbergquellen 4. Besondere Quellen Aussetzende Quellen Heilquellen Untertagquellen</p> <p>Einteilung der Quellen nach THURNER (1967)</p> <p>I Wasser und Quellen in Hartgesteinen 1. Wasser in Klüften, Spalten, auf Schichtflächen und Karsthohlräumen a) Wasser in Klüften und Spalten (Kluft- und Spaltquellen) b) Wasser auf Schichtflächen (Schichtquellen, Schichtstauquellen) c) Wasser in Karsthohlräumen (Karstquellen)</p> <p>2. Wasser in unterirdischen Wasserwegen, die mit Lagerungsformen in Verbindung stehen a) Wasser in Zerrittungszone (Zerrittungsstreifenquellen) b) Wasser in Bruch- und Verwerfungszone (Bruch- und Verwerfungsquellen) c) Wasser in gefalteten Schichten - in Längsfalten (Muldenstauquellen) - Überfließwasser in schüsselförmigen Mulden (Überfließquellen) - Aufsteigende Quellen (Wallerquellen)</p> <p>II Wasser und Quellen in Lockergesteinen 1. Wasser, welches die Poren zusammenhängend ausfüllt und einen Grundwasserspiegel bildet (spezielles Grundwasser) 2. Wasser, welches die Poren nicht vollständig ausfüllt (Hangschart-, Schutthalde-, Bergsturz-, Moortranschuttsquellen)</p>	<p>III Wasser mit verschiedenen Wasserwegen Folgequellen (Die Heilwässer, die vor allem durch den Chemismus gekennzeichnet sind und in den verschiedensten Wasserwegen auftreten, werden von THURNER besonders behandelt.)</p> <p>Einteilung der Quellen nach K. KEILHACK (1912)</p> <p>1. Absteigende Quellen a) Quellen durch Profilverengung im Wasserträger b) Quellen durch natürliche Endigung des Wasserträgers c) Schichtquellen, an durch Erosion herbeigeführten Endigungen des Wasserträgers d) Überfallquellen e) Stau- oder Barrierenquellen f) Spaltenquellen g) Verwerfungsquellen</p> <p>Als Anhang betrachten wir die intermittierenden Quellen.</p> <p>2. Aufsteigende Quellen a) Quellen durch hydrostatischen Druck - Schichtquellen - Verwerfungsquellen b) Quellen durch Auftrieb mittels Gasen - durch Wasserdampf - durch Kohlensäure - durch Kohlenwasserstoff</p> <p>Bei K. KEILHACK sind Mineralquellen und Thermen nicht gesondert erfäßt, da sie in jeder der genannten Gruppen auftreten können. Sie stellen nur durch höhere Temperaturen und höhere Gehalte an bestimmten gelösten Stoffen und Gasen ausgezeichnete Abarten dar, die durch Übergänge mit den gewöhnlichen Quellen verbunden sind.</p>
--	--	---

Annähernd gleichzeitig erreicht J. STINY (1933) mit einer Monographie „Die Quellen“ einen Höhepunkt in nomenklatorischer Hinsicht (siehe Tab. I). Bezeichnungen, wie z.B. *Störungstreifenquelle*, *Grabensenkenquelle*, *Kniefaltensteigquelle* oder *Verwerfungsbarrenquelle*, finden kein Echo und werden wohl auf Grund ihrer Kompliziertheit ignoriert. A. THURNER (1967) kehrt anknüpfend an K. KEILHACK sowie E. PRINZ und R. KAMPE wieder zu einer übersichtlicheren und einfacheren, praxisorientierten Klassifizierung und Nomenklatur von Quellen (siehe Tab. I) zurück. Insgesamt wird aus allen Versuchen kenntlich, daß unterschiedliche Kriterien für die Beurteilung von Quellen (chemische, physikalische, geologische, tektonische etc.) keine einheitliche und umfassende Klassifizierung von Quellen zulassen. Allmählich werden aber Typenbezeichnungen für Quellen, wie z.B. Kluftquelle, Schuttquelle, Schichtquelle oder Schichtgrenzquelle, Wallerquelle, periodische Quelle, intermittierende Quelle etc., die auf unterschiedlichen Kriterien beruhen, durch laufende Verwendung Bestandteil der hydrogeologischen Terminologie. Auf die Darstellung der Quellen in den, in immer kürzeren Abständen und größerer Zahl aufeinanderfolgenden Lehr- und Handbüchern der Hydrogeologie muß schon auf Grund des Umfanges verzichtet werden. Generell ist aber zu bemerken, daß die Betrachtungsweise von J. STINY keine Fortsetzung findet, sondern die Bemühungen um die Klassifizierung und Namengebung von Quellen eher abnehmen.

In neuester Zeit beschäftigen sich C. ALFARO und W. WALLACE (1994) mit Quellen und ihrer Klassifizierung, wobei sie hiezu einleitend einen historischen Rückblick über europäische und amerikanische Systeme bieten. Sie kommen zu der Aussage, daß sich die Klassifikationssysteme langsam entwickelt und sukzessive Differenzierungen durchgemacht haben, aber bisher ein umfassendes System nicht allgemein anerkannt ist. Aus diesem Überblick der diversen Systeme ergibt sich auch, daß die nur allmählich vorsichgehende Zunahme der Kenntnisse über Quellen bisher ein allumfassendes System nicht entstehen ließ. Die großen Unterschiede in den weltweiten hydrogeologischen Verhältnissen, die eine Vielfalt von Quellen bewirken, sind hiefür auch ins Treffen zu führen. Letztlich ist die Klassifikation von Quellen mit einer mehr oder weniger komplizierten Nomenklatur wohl eine theoretische bzw. akademische Aufgabe,

die der Notwendigkeit der Erfassung und Charakterisierung von Quellen für die Wasserversorgung gegenübersteht. Hiefür gilt es aber vor allem ein möglichst große Zahl von Parametern systematisch zu erfassen und damit die Grundlage für die Entscheidung zu liefern, ob eine Quelle für die Trinkwasserversorgung geeignet ist oder nicht, wobei auch ihrer Lage im Raum große Bedeutung zukommt.

Die Quelle nimmt als Wasserspender für die Trinkwasserversorgung schon auf Grund der zunehmenden Schwierigkeit mit der Qualität der Grundwässer in Tal- und Beckenlagen kontinuierlich an Bedeutung zu. Dies führt aber dazu, daß aus diesem wasserwirtschaftlichen Interesse an Quellen eine Bestandsaufnahme und Inventarisierung notwendig wird und in immer mehr Staaten schon längst erfolgt ist oder gerade begonnen wird. C. ALFARO und M. WALLACE (1994) berichten über solche Unternehmungen in den USA und weisen dabei auf die Erfassung folgender Parameter hin:

1. trinkbar - nicht trinkbar
2. Qualitätsparameter (chemische Beschaffenheit des Wassers)
3. perennierend - intermittierend
4. Schüttungsgang
5. Wassertyp, geochemisch
6. Verwendung
7. Lage
8. Geologischer Typ, Auftreten

Daraus läßt sich eindeutig eine praktische Zielsetzung - nämlich die Sicherung der Wasserversorgung - erkennen. So erfolgt z.B. die Bestandsaufnahme der Quellen von West-Virginia nach C. ALFARO und W. WALLACE (1994) viel mehr im Sinne eines Inventars als einer Klassifikation. Erstes Kriterium für die Einteilung ist die Schüttung und wird zwischen „großen Quellen“ $> 0,000126 \text{ m}^3/\text{s}$ und „kleinen Quellen“ $< 0,000126 \text{ m}^3/\text{s}$ unterschieden. Sodann umfaßt dieses Inventar folgende Parameter:

- | | |
|----------------|---|
| 1. Lage | 6. Gesteine |
| 2. Topographie | 7. physikalische und chemische Analysen |
| 3. Eigentümer | 8. Erläuterungen |
| 4. Nutzung | 9. Referenzen |
| 5. Geologie | |

Dies bedeutet, daß die Quellen im wesentlichen individuell beschrieben werden und damit eigentlich der später dargelegte Betrachtungsweise von W. RICHTER und W. LILLICH (1975) gefolgt wird.

Hervorzuheben ist, daß in den USA der Einsatz moderner Datenspeicherung und -verarbeitung für diese Quellen-Inventare eine Selbstverständlichkeit sind, da man heute nur auf diese Weise die Datenfülle verarbeiten und bereithalten kann. Schwierigkeiten werden vor allem in der Vernetzung dieser Daten gesehen, die im internationalen Rahmen weniger ein technisches oder wissenschaftliches als vielmehr ein politisches Problem darstellt.

Heute kann wohl die Meinung von W. RICHTER und W. LILLICH (1975) als Grundlage für die weitere Befassung mit Quellen gelten. Diese beiden meinen, daß die Vielfalt der Untergrundbeschaffenheit und der Formen der Erdoberfläche es schwer machen, Quellen nach nur einem Kriterium zu klassifizieren. Auch billigen sie einer einheitlichen Klassifizierung nur geringen Wert zu. Quellen sind vielmehr als Individuen zu behandeln und daher nach folgenden Kriterien zu beschreiben:

1. Schüttung
2. chemische und physikalische Beschaffenheit des Wassers
3. Oberflächenform und Gesteinsbeschaffenheit am und in der Umgebung des Quellaustrittes
4. Beschaffenheit des Grundwasserleiters und seines Einzugsgebietes
5. Richtung der Bewegung des unterirdischen Wassers (aufsteigend - absteigend)

Bei Erfassung dieser Kriterien kann jedenfalls ein Urteil über die Eignung einer Quelle für die Trinkwasserversorgung abgegeben werden. Auch zur Sicherung der Quellen durch Schutzgebiete ist die Erfassung der zuvor genannten Kriterien, insbesondere des Einzugsgebietes und seiner Untergrundbeschaffenheit notwendig. Bezüglich der Vorgangsweise bei der Einrichtung von Quellschutzgebieten wird auf die ÖWWV-Regelblätter Nr. 201/1984 (Karstquellen) und Nr. 205/1990 (Quellen der nicht verkarsteten Bereiche) verwiesen.

Bei der Charakterisierung von Quellen ist im Auge zu behalten, daß trotz der zuvor erwähnten Vielfalt der Untergrundbeschaffenheit und Oberflächenformen

der Erdkruste einige wenige generelle Ursachen für den Austritt von Quellen verantwortlich sind, und zwar:

- a) Die Verkleinerung des durchflossenen Querschnittes eines Grundwasserleiters (auch durch Verringerung der Durchlässigkeit)
- b) Das Auskeilen des Grundwasserleiters
- c) Verschneiden des Grundwasserleiters mit der Erdoberfläche
- d) Die Lage der Vorflut oder von wasserstauenden Schichten

Diese Charakterisierung von Quellen drückt A. THURNER (1956) in Zusammenhang mit der Darstellung hydrogeologischer Vorarbeiten zur Fassung von Quellen für die Trinkwasserversorgung mit folgenden Worten noch kürzer aus: *„Bei jeder Quelfassung sind drei Punkte zu untersuchen:*

- 1. Das Einzugsgebiet*
- 2. die unterirdischen Wasserwege*
- 3. die Austrittsstelle*

Der Schwerpunkt seiner Betrachtung liegt bei der quantitativen Eignung einer Quelle für die Trinkwasserversorgung und ihrer diesbezüglich optimalen, also vollständigen Fassung. Allerdings wird bei den Beispielen auch auf die Qualität Bezug genommen und hervorgehoben, daß eine einmalige Untersuchung derselben keineswegs genügt.

1.3 DIE KARTIERUNG VON QUELLEN

Der Grundsatz, daß mit einem Gut nur dann erfolgreich gewirtschaftet werden kann, wenn Menge und Qualität, die zur Verfügung stehen, bekannt sind, gilt auch für die Wasserwirtschaft bezüglich ihres Wirtschaftsgutes, dem Wasser. Aus diesem Grunde wurde vom einstigen Referat für Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung der Landesbaudirektion bereits 1969 mit der systematischen

Erfassung der Quellen ausgewählter Bereiche der Steiermark begonnen. Schwerpunkt der Kartierungen waren einerseits das Steirische Randgebirge (von der Koralm bis zum Wechsel) auf Grund des Bedarfes im angrenzenden Steirischen Tertiärbecken, das als Wassermangelgebiet gilt und andererseits die Karstareale, da sie die größten Quellwasservorkommen erwarten lassen. Diese Arbeiten werden derzeit in den Niederen Tauern fortgesetzt, um einen Überblick über die dortigen Quellwasservorkommen zu erhalten. Tafel I zeigt den heutigen Stand der Quellkartierung.

Für die Ausführungen dieser Quellkartierung wurde von E. FABIANI (1972) eine Richtlinie erstellt, an die sich alle Aufnahmeorgane - überwiegend Studenten - auch heute noch zu halten haben. Über die Ausführung der Quellkartierungen im Sinne dieser Richtlinie berichtet W. GRIESSLER (1982). Um eine Vorstellung der Methodik dieser Arbeit zu geben, wird diese Richtlinie im Anhang vorgestellt. Trotzdem ist es aber notwendig, auf Grund der inzwischen gesammelten Erfahrungen einige weitere Erläuterungen zur Durchführung sowie anschließenden Auswertung und Verwendung derartiger Kartierungen zu geben.

Zur großflächigen Kartierung von Quellen muß festgestellt werden, daß sie wohl ein gutes Bild der Lage und räumlichen Verteilung von Quellen, jedoch bezüglich ihrer Schüttung nur eine Momentaufnahme bietet. Die Schüttungsschwankungen, die ganz wesentlich von den Niederschlägen und ihrer Verteilung abhängen, entziehen sich natürlich der Erfassung im Zuge derartiger Kartierungen. Die Ergebnisse dieser Kartierungen, die in der Steiermark in einem sogenannten „Quellkataster“ hinterlegt sind, entheben daher durchaus nicht von weiteren Untersuchungsarbeiten, wenn es beabsichtigt ist, Quellen zu fassen und für die Wasserversorgung zu nutzen. Dieser Quellkataster bietet aber die Möglichkeit, Quellen auszuwählen, die einer weiteren Untersuchung, insbesondere längeren systematischen Schüttungsmessungen zu unterziehen sind.

Erst auf Grund längerer regelmäßiger Schüttungsmessungen, die den Schwankungsbereich eingrenzen oder zumindest abschätzen lassen, kann entschieden werden, ob die Quelle für die Wasserversorgung nach den jeweiligen

quantitativen Erfordernissen (Bedarf) geeignet ist. In qualitativer Hinsicht sind in Abstimmung auf die Schüttungsschwankungen zumindest bei hohen, niederen und mittleren Schüttungen chemische und bakteriologische Untersuchungen vorzunehmen, die erkennen lassen, ob auch eine ausreichende und konstante, den Erfordernissen des Trinkwassers entsprechende Qualität zu erwarten ist.

Es muß auch darauf aufmerksam gemacht werden, daß gefaßte bzw. genutzte Quellen bei den meisten Quellkartierungen nicht aufgenommen sind. Dies ergibt sich aus der Arbeitsmethodik, da die Kartierung immer Bächen und Wasserläufen folgend vorgenommen wird. Ist bei einer gefaßten Quelle kein nennenswerter oder deutlich erkennbarer Überlauf vorhanden, so fehlt der Wegweiser zu ihr und sie entzieht sich der Aufnahme. Für die Wasserwirtschaft ist dieses Manko der Quellkartierung akzeptabel, da für die Wasserversorgung vor allem der Bestand an ungenutzten Quellen gefragt ist. Bei einigen Kartierungen - vor allem in Gebieten, wo bereits viele Quellen gefaßt sind - wurde aber versucht, auch gefaßte und genutzte Quellen möglichst vollständig aufzunehmen, um ein Bild vom Nutzungsgrad eines Einzugsgebietes zu erhalten. Dies ist vor allem zur Abschätzung von Auswirkungen auf die Vorfluter notwendig.

Grundsätzlich muß davon ausgegangen werden, daß die Schüttung jeder Quelle einen Beitrag zur Wasserführung ihres Vorfluters leistet, der in Trockenperioden an Bedeutung zunimmt. Werden in einem Einzugsgebiet viele, vor allem aber die großen Quellen gefaßt, so muß mit Auswirkungen im gemeinsamen Vorfluter gerechnet werden. Da die Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Bächen - den Vorflutern der Quellen - ein wichtiges Ziel der Wasserwirtschaft darstellt, ist es notwendig darauf zu achten, daß in einem Einzugsgebiet nicht jede größere Quelle gefaßt und abgeleitet wird. Quellkartierungen, die auch die genutzten Quellen umfassen, wurden unter Verwendung der in den Wasserbüchern verzeichneten Wasserrechte zur Ableitung und Nutzung von Quellen im Schöcklgebiet und Gebiet des Rosen- und Reischkogels (Weststeiermark) durchgeführt. Derartigen vollständigen Quellaufnahmen wird wohl in Zukunft immer größere Bedeutung zukommen und werden

diese Aufnahmen auch in bereits kartierten Gebieten je nach aktuellen Erfordernissen nachzuholen sein.

Nach diesen generellen Hinweisen zur Kartierung von Quellen soll ein kurzer zusammenfassender Überblick der hydrogeologischen Verhältnisse, bezogen auf die Vorkommen von Quellen in der Steiermark gegeben werden. Nach den besonderen Bedingungen für das Auftreten von Quellen können vier Bereiche unterschieden werden:

- 1. Karstgebiete.** Sie zeichnen sich durch eine überwiegend unterirdische Entwässerung aus, die vor allem über Großquellen entlang der Ränder dieser Gebiete erfolgt.
- 2. Nicht verkarstete Festgesteine** (Kristallin, nichtkarbonatisches Paläozoikum). Diese Areale zeichnen sich durch ein Überwiegen der oberirdischen Entwässerung aus. Die unterirdische Entwässerung erfolgt über viele kleine Quellen, die unregelmäßig über die Einzugsgebiete verteilt sind. Als Grundwasserleiter wirken vor allem die die Festgesteine überlagernden Lockermassen (Hangschutt, Geröllhalden etc.).
- 3. Lockerablagerungen der Täler** (quartäre Lockerablagerungen, Schotter). Eine systematische Erfassung der Grundwasseraustritte oder Grundwasserquellen in Tallage ist bisher nur im Bereich von näher untersuchten Grundwasserfeldern erfolgt. Die Ergebnisse sind noch nicht in den Quellkataster übernommen und in den Berichten über die Grundwasseruntersuchungen enthalten.
- 4. Das Steirische Tertiärbecken.** Die Wechsellagerung von Grundwasserstauern (Tone, Schluffe) mit Grundwasserleitern (Sande, Kiese) ergeben in Zusammenhang mit den morphologischen Verhältnissen (Riedelland) eine Landschaft, die nicht zuletzt auf Grund der kleinen Einzugsgebiete nur kleine Quellen (Schichtgrenzquellen) aufweist. Diese bieten nach den Erfahrungen bei der Nutzung dieser Quellen nur eine gute Basis für die Einzelwasserversorgung in Streulagen. Da auf Grund der hydrogeologischen Kenntnisse und der Erfahrungen mit der Einzelwasserversorgung keine für die zentrale Wasserversorgung nutzbaren Wasservorkommen zu erwarten sind,

werden in diesem Gebiet auch keine Quellaufnahmen durchgeführt. Einige wenige Kartierungen im Steirischen Becken sollten diese generelle hydrogeologische Wertung überprüfen und haben sie auch bestätigt.

Von Quellkartierungen in Karstgebieten und nicht verkarsteten Kristallinaren, deren Quellen für die Trinkwasserversorgung in der Steiermark von großer Bedeutung als Wasserspender sind, soll später je ein Beispiele, und zwar das südliche Hochschwabgebiet und die Koralm, vorgestellt werden. Auf die Lockerablagerungen der Täler wird, da die Quellen nicht in den Quellkataster aufgenommen sind, nicht näher eingegangen. Diese Quellen spielen für die Trinkwasserversorgung kaum eine Rolle, da in diesen Tälern die Wassergewinnung über Brunnen erfolgt, deren Wasserdargebot wesentlich konstanter im Vergleich mit den Schüttungsschwankungen der Quellen ist. Dadurch kann der Forderung nach einer gleichmäßigen Wasserversorgung besser entsprochen werden.

Zu den Grundwasserquellen sei noch vermerkt, daß sie vor allem entlang von Terrassenrändern bei Hochlage der Grundwassersohle (Schichtgrenzquellen) oder vor und in Verengungen der Talquerschnitte und damit auf Grund der Verkleinerung des durchströmten Aquiferquerschnittes auftreten. Diese Quellen dienen oft der Wasserversorgung von Fischteichen (z.B. Forellenzucht).

Ein Sonderfall aus den Kristallingebieten - die an Blockgletscher gebundenen Quellen - sollen hier aber näher vorgestellt werden, da sie von ihrer Größe (Schüttung) her für diese Gebiete als Ausnahmen gelten können. Sie weisen darauf hin, daß in den kristallinen Gebirgen doch, wenn auch weitab von den besiedelten Tälern, Quellen existieren, die sich bezüglich ihrer Schüttung bereits mit Karstquellen messen können.

Im Quellkataster sind bisher die Ergebnisse der im Auftrag der wasserwirtschaftlichen Planung nach ihren Richtlinien erfolgten Kartierungen enthalten. Die Auswahl der Kartierungsgebiete richtete sich nach den Erfordernissen der jeweiligen Planungsräume der wasserwirtschaftlichen Planung.

Die ersten Kartierungen im Koralm- und Hochschwabgebiet bildeten bereits eine Grundlage für die Beurteilung des Wasserreichtums der steirischen Land-

schaften im „Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973) von L. BERNHART et al. (1974)“. In diesem Generalplan sind einzelne nach geographischen und hydrogeologischen Kriterien grob abgegrenzte Landschaften bezüglich ihrer Grund- und Quellwasservorkommen als „wasserreich“, „wasserarm“ und „durchschnittlich“ klassifiziert. Für große Gebiete mußten diese Verhältnisse damals aber als „ungeklärt“ bezeichnet werden. Auf Grund dieser Wertung wurden später auch die Quellkartierungen vor allem in den Bereichen mit „ungeklärt“ Verhältnissen (z.B. Fischbacher Alpen und Wechsel) fortgeführt, so daß heute das Steirische Randgebirge von der Koralpe bis zum Wechsel weitgehend kartiert ist.

Obwohl damals die Niederen Tauern bezüglich ihres „Wasserreichtums“ als „durchschnittlich“ angesehen wurden, mußte diese Wertung später hinterfragt werden. Auf Grund der Größe des Gebietes war es hier nicht möglich flächendeckend vorzugehen. So wurden im Zeitraum von 1987 - 1994 alljährlich von Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung (Joanneum Research) Quelluntersuchungen im Auftrage der wasserwirtschaftlichen Planung in den östlichen Niederen Tauern, insbesondere aber in den Seckauer Tauern durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen war es, in diesem hydrogeologisch noch kaum bzw. nur randlich erfaßten Gebiet, Teilbereiche, die als exemplarisch gelten können, näher zu erkunden und so zu einem besseren Gesamtüberblick bezüglich der Quellen zu gelangen.

So wie in der Koralpe und Stubalpe wurden auch in den Niederen Tauern nur dort, wo Marmore als Kluft- und Karstgrundwasserleiter wirken, große Quellen (Schüttung einige l/s - einige 10 l/s) erwartet. Wider Erwarten wurden am Rande fossiler Blockgletscher aber Quellen mit derartigen Schüttungen gefunden. Um den Umfang dieser Quellvorkommen näher kennenzulernen, wurde das Programm speziell auf diese Art von Quellen ausgerichtet und von Th. UNTERSWEIG und A. SCHWENDT (1995) ein erstes Resümee gezogen. Wenn diese Quellen derzeit auch auf Grund ihrer Lage in den Kernräumen des Gebirges - also weit entfernt von den Wasserverbrauchern - keine praktische Bedeutung für die Trinkwasserversorgung haben, so können bei unerwarteten Entwicklungen in der Qualitätssituation von Grund- und Quellwasser diese Quellen für die Wasserversorgung in erreichbare Nähe rücken. Aus diesem

Grunde wird von der Wasserwirtschaft das Ziel verfolgt, die Kartierung der Blockgletscher allmählich über die gesamten Niederen Tauern auszudehnen und durch Schwerpunktuntersuchungen an ausgewählten Blockgletscher-Quellen die Schüttungsschwankungen, die Wasserqualität und die Schutzwirkung der Deckschichte besser zu erfassen und zu einer den heutigen Anforderungen entsprechenden Charakteristik dieser Quellen zu gelangen.

Neben den Kartierungen im Auftrage der wasserwirtschaftlichen Planung wird versucht, alle Quellaufnahmen, die im Zuge von Diplomarbeiten oder Dissertationen ausgeführt werden, sowie solche, die als Grundlage für Markierungsversuche in Karstgebieten oder für die Beweissicherung bei Bauarbeiten (z.B. Semmeringgebiet) vorgenommen werden, zu erfassen.

Bei rechtzeitiger Kenntnis von der Durchführung von Dissertationen und Diplomarbeiten wurde mit den Ausführenden eine Absprache über die Aufnahme der Quellen im Sinne der Richtlinie der wasserwirtschaftlichen Planung getroffen. Diese Absprache umfaßte sowohl die planliche Darstellung der Kartierung als auch die Ausfertigung der Katasterblätter. Diesbezüglich sei auf die Arbeiten von P. HACKER (1972) über das Passailer Becken und seine Umgebung verwiesen. Die Dissertationen von W. KOLLMANN (1983) über die nördlichen Gesäuseberge und von H. STADLER (1992) über das Einzugsgebiet des Mixnitzbaches wurden, um sie besser zugänglich zu machen, mit den Ergebnissen der Quellkartierungen in den Berichten der wasserwirtschaftlichen Planung (Bd. 66 und Bd. 73) veröffentlicht. Die Ergebnisse der Quellkartierungen im südlichen Hochschwabgebiet (Einzugsgebiet von Lamingtal, Ilgnertal, Fölztal, Feistringgraben und Seetal) liegen von E. FABIANI (1980 a und b) in Bd. 47/1980 und Bd. 48/1980 der „Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung“ vor.

Nur von der Quellkartierung des Koralmgebietes wurde bisher auf Grund des umfangreichen Materials eine statistische Auswertung versucht, die in Bd. 47/1981 der Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung veröffentlicht ist. So wurde die Quelldichte ermittelt und mit der Abflußspende (l.s.km²) verglichen. Mit Hilfe dieses Vergleiches wurden sodann Quellgebiete oder Quellgruppen ausfindig gemacht, von denen die Tauglichkeit einzelner Quellen für

die Wasserversorgung erwartet werden kann. Natürlich sind derartige Bereiche einer näheren Untersuchung, insbesondere aber einer Dauerbeobachtung der Quellschüttungen zu unterziehen. Diese Dauerbeobachtung stößt aber im Winter, in dem auf Grund des Bodenfrostes und der Niederschläge in Form von Schnee besonders geringe Quellschüttungen auftreten können, auf große Schwierigkeit wegen der Unzugänglichkeit der Quellorte. Aus diesem Grunde konnte im Koralpengebiet von der wasserwirtschaftlichen Planung eine aufwendige Dauerbeobachtung für die meist kleinen Quellen (Schüttungen meist in der Größenordnung von l/min und nur selten über 1 l/s) nicht eingerichtet werden. Die nähere Untersuchung der Quellen innerhalb der als günstig ausgewiesenen Bereiche auf ihre Eignung für die Wasserversorgung muß daher dem überlassen bleiben, der sie benötigt. Allerdings bietet ihm der Quellkataster eine gute Grundlage zur Auswahl „aussichtsreicher“ Quellen für die Dauerbeobachtung.

Abschließend soll noch auf die Darstellung der Quellen des Schöcklgebietes, die in Bd. 60/1982 der „Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung“ veröffentlicht ist, verwiesen werden. In dieser Arbeit sind auch die genutzten Quellen vor allem nach den Wasserbucheintragungen erfaßt. Die Quellkarte zeigt deutlich, daß die meisten größeren Quellen bereits genutzt sind. Aus dieser Situation hat der Wasserverband Schöckl Alpenquellen durch den Bezug einer Wassermenge bis zu 10 l/s von den Grazer Stadtwerken bereits Konsequenzen gezogen. (Die Zahl der von diesem Wasserverband gefaßten Quellen beträgt immerhin 36).

In den Karstarealen wurde für Markierungsversuche immer eine mehr oder weniger genaue Quellaufnahme durchgeführt, da die Quellen für die Verfolgung der Tracer bekannt sein müssen bzw. an ihnen eine kontinuierliche Beobachtung der Tracerdurchgänge erfolgt. Für diese Beobachtungen werden vorwiegend große bzw. Karstquellen im strengen Sinne herangezogen. Kleine Quellen aus den überlagernden Lockergesteinen (Schuttquellen) sind dafür meist ungeeignet und daher auch gerade bei diesen Quellaufnahmen kaum erfaßt.

Einen Überblick der Markierungsversuche in Karstgebieten der Steiermark geben A. HUBER, M. PÖSCHL und H. ZETINIGG (1991). Aus dieser Arbeit ist zu entnehmen, wo die Ergebnisse der Markierungsversuche entweder publiziert oder in Form unveröffentlichter Berichte hinterlegt sind. Diese Berichte enthalten auch die Ergebnisse der mit den Markierungsversuchen in Zusammenhang stehenden Quellkartierungen. Sie sind im steirischen Quellkataster, soweit ausreichende Unterlagen greifbar waren, ebenfalls erfaßt.

Eine Dokumentation karsthydrologischer Untersuchungen, die auch solche ohne Markierungsversuche umfaßt, liegt von H. HERLICKSKA und K. GRAF (1992) vor. Aus diesen Arbeiten können auch Hinweise auf die Quellen der Ersten und Zweiten Wiener Hochquellenleitung entnommen werden, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

Hydrogeologische Einzeldarstellungen bedeutender Quellen der Steiermark, die auf langjährigen Messungen berühren, liegen außer für den Andritzursprung von V. MAURIN und J. ZÖTL (1972) bisher nicht vor. Die Arbeit von J. LECHNER (1947) über die Quellen vom Südrand des Toten Gebirges gibt eine Darstellung, wie sie in einem hydrogeologischen Überblick selbstverständlich ist. Ergebnisse langzeitiger Messungen standen dafür nicht zur Verfügung.

Bezüglich des Hochschwabgebietes, dessen Südteil - wie bereits erwähnt - durch Quellkartierungen weitgehend erfaßt ist, ist zu erwähnen, daß derzeit eine schrittweise hydrogeologische Bearbeitung des Gesamttraumes unter dem Titel „Karstwasserdynamik und Karstwasserschutz Hochschwab“ läuft, die sich noch über mehrere Jahre erstrecken wird und auch mit einer Kartierung der Quellen in den bisher noch nicht erfaßten Teilgebieten verbunden ist.

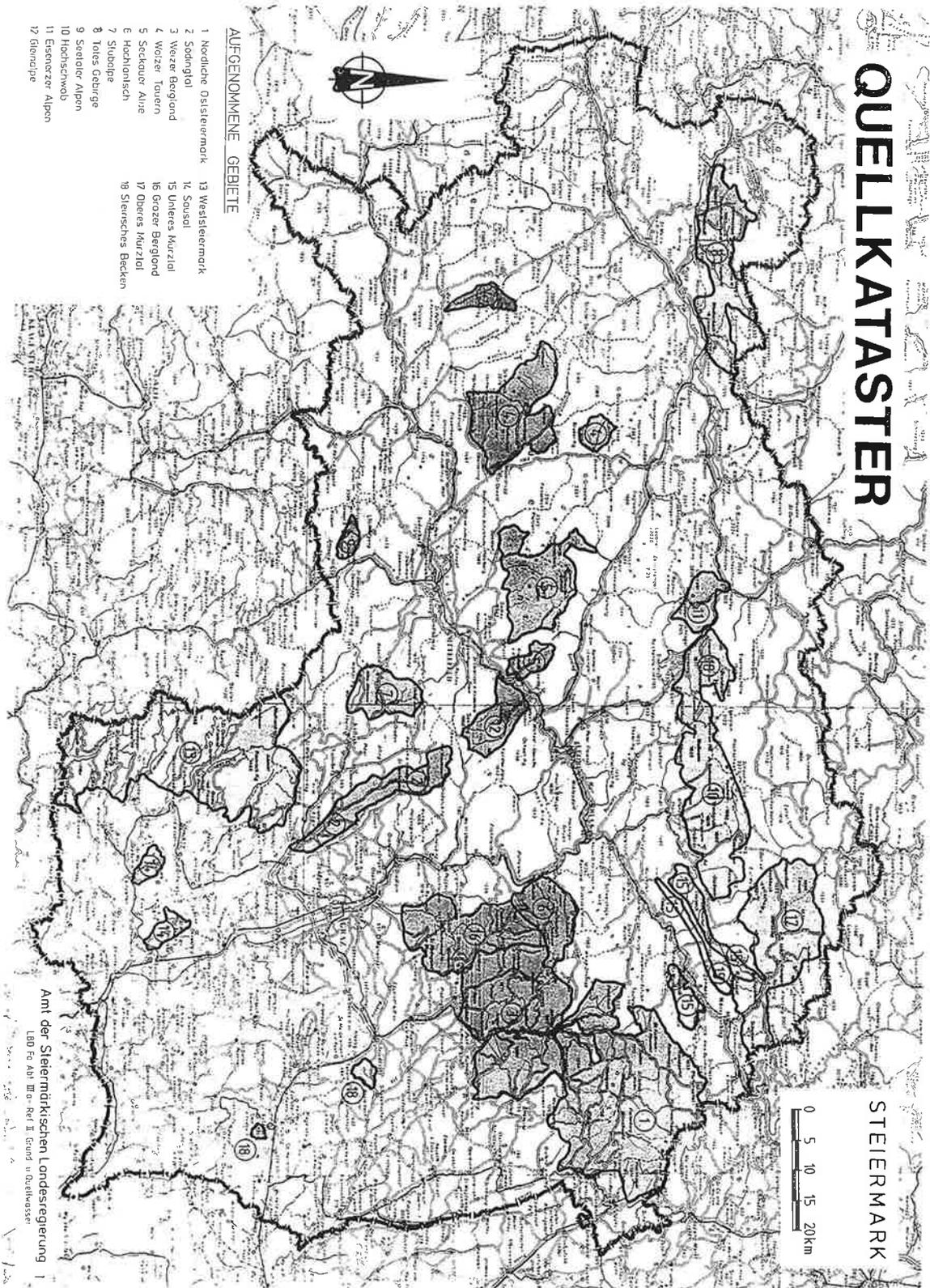
Da die Quellkartierungen nur einmalige Schüttungsangaben der Quellen aufweisen, für die Wasserversorgung aber der Schwankungsbereich wichtig ist, wurde öfter die Einrichtung einer Dauerbeobachtung ausgewählter Quellen durch die wasserwirtschaftliche Planung in Erwägung gezogen, aber wegen des großen Aufwandes mit Ausnahme einiger großer Karstquellen in den Eisenerzer Alpen, im Hochschwabgebiet und am Rande des Toten Gebirges sowie im Semmeringgebiet nicht realisiert. Die Meßstellen im Semmeringgebiet

und im Hochschwabgebiet sowie in den Eisenerzer Alpen wurden bereits dem hydrographischen Dienst übergeben. Diese Meßstellen wurden durchwegs im Rahmen von Untersuchungen des nutzbaren Wasserdargebotes dieser Karstareale eingerichtet.

Da mit der Hydrographiegesetz-Novelle 1987 (BGBl.Nr. 317/1987), die Erhebung des Wasserkreislaufes auf Quellen ausgedehnt wurde, ist die Einrichtung einer Dauerbeobachtung von Quellen durch die wasserwirtschaftliche Planung nicht mehr aktuell. Der hydrographische Dienst ist daher mit der sukzessiven Einrichtung von Meßstationen an ausgewählten Quellen für fortlaufende Schüttungsmessungen befaßt. Für die Auswahl dieser Meßstellen wird auch der Quellkataster der wasserwirtschaftlichen Planung herangezogen.

Ergänzend dazu wurde mit der Wasserrechtsnovelle 1990 auch das Hydrographiegesetz novelliert und ist die Erhebung des Grund- und Quellwassers auf seine Qualität auszudehnen. Über den Stand der qualitativen und quantitativen Quellwasser-Hydrographie in der Steiermark wird jeweils in eigenen Beiträgen berichtet.

Tafel 1: Quellkataster der Steiermark - Aufnahmen durch die wasserwirtschaftliche Planung



1.3.1 Die Quellen des Koralpengebietes

In den Jahren 1971-1975 wurde vom Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung in Zusammenarbeit mit dem Wasserregionalverband Weststeiermark eine Kartierung der Quellen des steirischen Anteiles des Koralpengebietes einschließlich des Reinisch- und Rosenkogels durchgeführt. Diese Kartierung umfaßte ein Gebiet von ca. 500 km² zwischen der Staatsgrenze im Süden, annähernd der Tertiärgrenze im Osten sowie der Pack, dem Modriachbach und der Teigitsch im Norden. Nach orographischen Einzugsgebieten in 23 Aufnahmegebiete unterteilt, erfolgte die Kartierung durch Angehörige des obzitieren Referates und Studenten. Hierbei konnten insgesamt 6555 Quellen erfaßt werden. Die Ergebnisse dieser Kartierung, insbesondere Vergleiche mit den Abflußverhältnissen auf Grund von 170 Abflußmessungen an Bächen des Aufnahmegebietes in der Zeit vom 17. - 29. Februar 1976 sowie Karten der spezifischen Quelldichte und Quellschüttung sind im Band Nr. 57/1981 der Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung enthalten. Weitere Aspekte zur Kartierung und ihrer Auswertung zeigt H. ZETINIGG (1981 a u. b) auf.

Der gesamte Kristallinbereich ist in der hydrogeologischen Karte der Steiermark von V. MAURIN und J. ZÖTL (1964) als „Bereich vorwiegend oberirdischer Entwässerung“ ausgeschieden, da kristalline Schiefer schlechte Grundwasserleiter darstellen. Eine Wasserwegigkeit ist nur entlang der Trennfugen von Klüften und der Schieferung vorhanden. Große Bedeutung kommt daher hier den überlagernden Lockergesteinen - wie vor allem dem Hangschutt - für die unterirdische Wasserführung zu.

Entsprechend der allgemeingültigen Aussage, daß schlecht durchlässige Gesteine, mehr aber kleinere und gut durchlässige wenige aber ergiebige Quellen aufweisen, sind hier viele kleine Quellen vorhanden. Nur in Bereichen besonders mächtiger und gut wasserwegiger Lockerablagerungen und bei den wenigen Marmorzügen, insbesondere im Bereich Hühnerstützen-Bärenkar, treten größere Quellen auf. Doch auch für diese Marmorzüge wurden von A. ALKER (1975) Einschränkungen geltend gemacht. Danach handelt es sich meist um sehr kleine Marmorkörper, die in Gneis-Glimmerschiefer eingebettet sind.

Durch die besonders starke Mineralführung von verschiedenen Silikaten ist die Neigung zur Verkarstung sehr gering. Da es sich dabei aber um verhältnismäßig starre Körper gegenüber den umgebenden Gesteinen handelt, weisen sie eine starke Klüftung auf, die wasserwegig ist.

Vor allem bei den Marmoren im Gipfelbereich der Koralpe (Hühnerstützen) und glazialen Lockermassen des Bären- und Speikkares konnte diese Annahme durch die Auffindung relativ großer Quellen (Schüttung mehrere l/s) bestätigt werden. Vielen Quellen mit Schüttungen von weniger als 1 l/s stehen wenige mit Ergiebigkeiten von mehreren l/s gegenüber.

Die meist geringe Ergiebigkeit der Quellen in tieferen Hangbereichen kann durch die Beschaffenheit der Lockergesteine erklärt werden. Da bis ca. 1300 m Höhe eine tiefgreifende Verwitterung wirksam ist, die nach H. FLÜGEL (1963) bis in das feuchtheiße Klima des Miozän zurückgeht, ist eine starke auf der Feldspatverwitterung beruhende Verlehmung der Lockerablagerungen der unteren Hangbereiche zu bemerken. Diese wirkt sich nach J. ZÖTL und H. ZÖJER (1975) auf die unterirdische Wasserführung und damit auf die Quellen ungünstig aus. Geringe Schüttungen sind hier die Folge schlechter Speicherkapazitäten. Natürlich tragen auch die geringeren Niederschläge der tieferen Hanglagen das Ihre hierzu bei.

Die Auswertung der Quellaufnahme nach der räumlichen Verteilung bzw. der Quelldichte pro km² läßt bei dem einheitlichen Gesteinsaufbau des Untersuchungsgebietes keine weiteren Beziehungen zum geologischen Bau, abgesehen von den vorausgehenden Ausführungen, erkennen. Die Unterschiede in der Quelldichte hängen daher von den morphologischen und hydrometeorologischen Verhältnissen ab. Der Geländeform kommt, wie spätere Ausführungen zeigen, großer Einfluß auf die Lage der Quellaustritte zu.

Wenn auch eine Untergliederung der aufgenommenen Quellen nach hydrogeologischen Kriterien im Sinne von J. STINI (1933) oder K. KEILHACK (1935) im Gelände nicht möglich war, so kann doch alleine nach der Lage der Quellaustritte im Verhältnis zu den Geländeformen eine Untergliederung nachträglich getroffen werden. Hierzu bildet die geomorphologische Bearbeitung von E.

SCHUBERT (1981) die Grundlage. Insbesondere die Frage, ob eine Quelle Porengrundwasser aus Lockergesteinen oder Kluftwasser aus den Trennfugen der anstehenden Festgesteine spendet, ist in diesem Gebiet meist nicht eindeutig zu beantworten. Vielfach wird sich die Wasserspende von Quellen gerade in diesem Gebiet zu unterschiedlichen Verhältnissen aus Grundwasser der beiden Arten zusammensetzen. Reine Kluftquellen - also Quellen, deren Wasseraustritt direkt aus dem Festgestein erfolgt - sind hier schon auf Grund der Oberflächenformen nur selten zu finden.

Wie K. SAUER (1961) über den unterirdischen Abfluß in Kristallingebieten berichtet, sind die Trennfugen (Klüftung und Schieferung) der Gesteine normalerweise bis in mehrere 100 m Tiefe wasserführend. Die einsickernde Wassermenge ist eine Funktion der Trennfugenintensität. Diese Wasserführung, die in Abhängigkeit von der Oberflächenform auf gewisse Tiefen absinkt, so daß die darüberliegenden Trennfugen nur als Transportwege dienen, ist durch Stollenbauten nachgewiesen. Auch die Stollen der Südautobahn (Assingberg-, Herzogberg-, Mitterberg- und Kalcherkogeltunnel) weisen eine Kluftwasserführung auf, die auf Grund ähnlicher geologischer Verhältnisse wohl für den gesamten Gebirgszug zutrifft.

Im Koralmgebiet zeigen nachstehend angeführte, von E. FABIANI (1981) beschriebene Quelltypen ein häufiges Auftreten:

1. **Schuttquellen aus dem Bereich der eiszeitlichen Schneegrenze entsprechenden Blockfeldern in 1700 bis 1800 m.** Es handelt sich um linienförmig angeordnete Quellen geringer Ergiebigkeit, Beispiel: Moschkogel, Weg Weinebene-Grillitschhütte.
2. **Schuttquellen, am Innenrand von Karen und Verebnungen.** Der Austritt ist durch die Verringerung des Gefälles und der Durchlässigkeit im Übergang von häufig grobblockigem, spätglazialen und periglazialen Schutt zu den feinkörnigeren Füllungen der Karböden und Mulden verursacht. Teils handelt es sich auch um Folgequellen. Die Schüttungen liegen zwischen 0,1 und 1,5 l/s. Das Wasser ist meist weich; der pH-Wert liegt unter 7; Quelltemperaturen betragen je nach Höhe und Jahreszeit zwischen 3° und 5°C.

Beispiele: Kar nördlich des Ochsensteines, Seekar, Bärentalkar, Verebnungen in allen Höhenlagen.

3. Sumpquellen im Bereiche von Vernässungen und Hochmooren innerhalb

a) der von Moränen eingeschlossenen Ebenheiten (z.B. Seekar, Kar nördlich Ochsenstein, Endmoränen an der Schwarzen Sulm in 1400 m sowie am Seebach) und

b) meist alten Landoberflächen zugehöriger Verebnungen vorwiegend zwischen 800 und 1000 m Höhe (Trahütten, Glashütten-Niveau). Es handelt sich um Quellen von geringer Ergiebigkeit (0,1 bis 0,3 l/s mit weichem aggressiven Wasser und Temperatur von 6,5 bis 8°C. Des öfteren sickern jedoch beträchtliche Wassermengen (3 bis 5 l/s) unmerklich den mäandrierenden Oberflächengewässern zu.

4. Schuttquellen am Außenrand von Verebnungen

a) Sind muldenförmige Verebnungen mit mächtigeren Schuttkörpern erfüllt (z.B. Karoid südlich Hühnerstütze) oder von Moränenböden abgeschlossen (z.B. Bärentalkar, Ochsensteinkar, Seespitz), kann es am Außenrand infolge guter Speicherung zu ergiebigen und beständigen Quellen mit Schüttungen von 0,5 bis 2,5 l/s kommen. Die Temperaturen liegen auf Grund der guten Überdeckung zwischen 3,5 und 4,5°C.

b) Geringere Schüttung und höhere Temperatur weisen Quellen am Außenrand schuttüberdeckter Talleisten auf (z.B. Payerlbach-Hochalm), besonders, wenn diese im Bereiche der Verebnungen unter 1000 m zunehmend verlehmt und vernässt sind.

5. Schuttquellen im Bereiche von Quelltrichtern und Talschlüssen. Dichte und Ergiebigkeit dieser Quellen richten sich in hohem Maße nach der Steilheit der Hänge und der Speicherfähigkeit des Schuttes. Größere Ergiebigkeiten bis über 1 l/s werden meist nur im Bereiche eiszeitlicher und periglazialer Schuttmäntel und von Blockströmen in höheren Lagen erreicht, insbesondere dann, wenn Hangneigung und Schichten parallel zueinander laufen

(z.B. oberer Payerlbach). Zum Teil werden Austritte auch durch Gneislamellen und Härtinge bestimmt (BECK-MANNAGETTA, 1975). In den von lehmigen Verwitterungsschutt durchsetzten Steilhängen unterhalb des Glashüttner Niveaus sinken die Quellen in ihrer Ergiebigkeit meist zur Bedeutungslosigkeit herab.

6. **Kluftquellen in kristallinen Gesteinen:** Diese sind infolge der Schuttüberdeckung nur in den seltensten Fällen als solche erkennbar und mangels eines zusammenhängenden Kluftnetzes meist nur von sehr geringer Bedeutung. Offene, tieferreichende Klüfte finden sich vorwiegend im Bereiche starrer, quarzreicher Gesteinskörper (A. ALKER, 1975), während Brüche und Störungslinien durch die Zerreibung der Gesteine sowohl wasserführend als auch wasserstauend sein können. Unterhalb 1000 m Seehöhe sind die Klüfte und Spalten zudem meist durch lehmige Ablagerungen verschlossen.
7. **Kluftquellen aus Marmor:** Durch die Sprödigkeit des Gesteines und eine damit zusammenhängende Zerbrechung, wie auch durch die allerdings nur beschränkte Verkarstungsfähigkeit sind Marmore in weit höherem Maße wasserleitend und wasserspeichernd als die umgebenden kristallinen Gesteine. Nicht zuletzt, da durch Marmore das hydrographische Einzugsgebiet über das orographische hinausgreifen kann, können Schüttungen bis über 5 l/s erreicht werden. Diese Quellwässer fallen stets durch höhere Gesamtminalisation und tiefe Quelltemperaturen (3° bis 4°C) auf. Die bedeutendsten Quellen dieser Art finden sich im Bärentalkar (Quellfassung des Wasserverbandes Koralm), östlich des Kleinen Speik.

Zur Ausbildung der Quellaustritte und ihrer unmittelbaren Umgebung soll festgestellt werden, daß diese - wie bereits erwähnt - fast immer in Quellmulden oder Nischen liegen. Unter den Austrittsstellen ist - wie es bereits J. STINY (1936) beschreibt - ein Pflaster von plattigen, also von der Schieferung bestimmten Festgesteinsstücken entwickelt. Dieses entsteht infolge der Ausspülung und des Abtransportes der Feinteile dieser Lockermassen durch die Quellschüttung. Demnach besitzen Quellen mit stark ausgeprägten und großen

Hohlformen eine größere und voraussichtlich perennierende Schüttung und solche mit kaum ausgeprägten oder gar fehlenden Hohlformen eher eine schwache und möglicherweise intermittierende Schüttung.

Auffallend ist weiters, daß bei hintereinandergereihten Schüttungsmessungen an Bächen oft schon im Abstand von einigen Zehnermetern in bachabwärtiger Richtung eine Zunahme der Wasserführung festzustellen ist, ohne daß Quellaustritte auffindbar sind. Hiefür gibt es zwei Ursachen: Entweder liegen Quellaustritte (Grundquellen) im Bachbett selbst vor oder - was wohl in den meisten Fällen zutrifft - ist ein ständiges Zusickern von Grundwasser entlang des Bachlaufes gegeben.

Häufig ist vor allem in flacheren Hangbereichen mit mächtiger Schuttdecke zu bemerken, daß die Wasserspende von Quellen bereits nach kurzem oberirdischen Lauf wieder versickert. Sind einige Zehnermeter darunter Quellaustritte vorhanden, so handelt es sich um sogenannte Folgequellen, die vom zuvor versickerten Quellwasser gespeist werden. Hierauf ist besonders bei der Auswahl von Quellen für die Trinkwasserversorgung zu achten.

1.3.2 Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern

In den Jahren 1987 bis 1994 wurden in den Niederen Tauern hydrologische und geomorphologische Untersuchungen mit dem Ziel, in dem hydrologisch wenig bekannten Gebiet Grundlagen für die Beurteilung der vorhandenen Wasserreserven zu gewinnen, durchgeführt.

Die Arbeiten liefen im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsprogrammes am Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung der Joanneum Research im Auftrag der wasserwirtschaftlichen Planung. Die im Zusammenhang mit den Blockgletschern stehenden Forschungen wurden vom Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank gefördert. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen liegen drei Berichte von Th. UNTERSWEIG und A. SCHWENDT (1994, 1995, 1996) vor.

Ein Hauptproblem infolge der Größe des Gesamtgebietes der Niederen Tauern war die Entwicklung eines geeigneten methodischen Ansatzes, der es gestattet, einerseits möglichst rasch einen Überblick über die hydrologische Situation des Gebietes und andererseits detaillierte Kenntnisse über die Größe und Verteilung der Quellen in diesem Gebiet zu erhalten.

Zu diesem Zweck wurden zunächst folgende Methoden angewandt:

1. Abflußmessungen an den der Enns und Mur tributären Bächen
2. Quellkartierungen in typischen Einzugsgebieten

Im Laufe dieser Untersuchungen wurde die Aufmerksamkeit immer mehr auf das Phänomen der fossilen Blockgletscher gelenkt, die in einigen Teilen der Niederen Tauern vermehrt auftreten. Besonders ausgeprägte Formen finden sich in den östlichen Anteilen der Niederen Tauern vor allem im Bereich der Seckauer Tauern, und zwar sowohl auf der Nord- als auch auf der Südseite in der Nähe des Alpenhauptkammes.

Zunächst wurden in den Seckauer Tauern stichprobenartige Kartierungen von Blockgletschern und Quellen vorgenommen, mit dem vorläufigen Ergebnis, daß die fossilen Blockmassen tatsächlich günstige Speicher darstellen können. In den blockgletscherreichen Gebieten ist eine Konzentration der anfallenden Wassermengen auf wenige größere Quellaustritte zu beobachten. Bei einem fast völligen Zurücktreten der kleinen Quellen (bis 1 l/s) wurden typische Situationen angetroffen, wo im Bereich von Blockgletscherstimen Quellaustritte von mehreren l/s bis mehreren 10er l/s festgestellt wurden.

Auf Grundlage dieser ersten Ergebnisse wurden die folgenden weiteren Arbeitsschritte durchgeführt:

1. eine systematische Kartierung von Blockgletschern und dazugehörigen Quellen in den Seckauer und Triebener Tauern,
2. eine Auswahl typischer „Blockgletscherquellen“ für weitere Untersuchungen und schließlich

3. mehrmalige Messungen hydrologischer Grundparameter mit einfachen physikalischen und chemischen Feldmethoden an ausgewählten Quellen.

Das detailliert untersuchte Gebiet umfaßt den östlich der Verbindung Trieben - Möderbrugg gelegenen Anteil der Niederen Tauern, namentlich die Seckauer- und Triebener Tauern. In jenen Einzugsgebieten, in denen in der ersten Projektphase größere spätglaziale Schuttmassen festgestellt werden konnten, wurden Aufnahmen des Gewässernetzes sowie eine Abgrenzung der Lockermassen von Festgestein durchgeführt.

Auf Grund der detaillierten Kartierung von fossilen Blockgletschern und Quellen in den östlichen Niederen Tauern kann der Zusammenhang zwischen fossilen Blockgletschern bzw. deren Stirnbereichen und bedeutenden Quellaustritten als erwiesen gelten.

Das Quellwasser weist in allen beobachteten Quellen eine äußerst geringe Mineralisation auf (GH meist < 5 ° dH, KH 0,4 - 2,0 °) und ist durchwegs sehr sauerstoffreich. Die elektrische Leitfähigkeit liegt meist unter 40 $\mu\text{s}/\text{cm}$ bei 25 °C. Die typischen Schüttungsmengen von Blockgletscherquellen liegen zwischen 10 und 25 l/s. Allerdings lassen jene Quellen, an denen zu verschiedenen Jahreszeiten Messungen durchgeführt werden konnten, größere Schüttungsschwankungen erkennen.

Von wasserwirtschaftlicher Relevanz sind sicherlich Austritte zwischen 20 und 30 l/s, wie sie u.a. im Feistritzgraben, im Hölltal, im Hirschkarl oder im Dürrtal kartiert werden konnten.

Die bedeutendste in diesem Zusammenhang untersuchte Blockgletscherquelle der Niederen Tauern liegt im Hochreichartgebiet, über das eine Diplomarbeit von S. GÖDL (1993) vorliegt.

Am Fuße der Stirn eines fossilen Blockgletschers entspringt in 1520 m Sh der Stubalmbach (Hochreichartquelle). Diese Quelle wurde bisher am öftesten gemessen, wobei die Schüttung zwischen 52 und 250 l/s schwankte. Ihre Bedeutung und der Reichtum an Blockschuttmassen im Reichartkar, Brandstätterkar und im Bärenal gaben Anlaß zu detaillierten Untersuchungen, die schließlich

in der Fassung der Quelle und ihrer vorläufigen Nutzung zur Energiegewinnung mündeten.

Die im Eigentum der Liechtenstein'schen Forstverwaltung befindliche Quelle soll sowohl Energie als auch hochwertiges Trinkwasser liefern. Wie die Wasseranalysen ergeben haben, ist das Quellwasser in keiner Weise bakteriologisch oder chemisch verunreinigt. Das Wasser der Hochreichartquelle und einiger kleinerer Quellen der Umgebung wurde auf seine Tauglichkeit als Trinkwasser untersucht. Die in den Untersuchungsbefunden des Hygiene-Institutes Graz ausgewiesenen Gesamtkeimzahlen schwanken zwischen 0 und 35 und lassen bei einer ordnungsgemäßen Fassung der Quellen einwandfreies Trinkwasser erwarten. Da jedoch alle Blockgletscherquellen ein ähnliches Abflußverhalten wie Karstquellen aufweisen, ist eine hohe Grundwasservulnerabilität zu befürchten. Die Quellen weisen jedenfalls starke jahreszeitliche Schüttungsschwankungen auf. Genauere Aussagen über das Speichervermögen der fossilen Blockgletscher bzw. das Abflußverhalten aus den Blockgletscherquellen sind derzeit nicht möglich.

Entscheidend ist die Frage nach der Verweildauer der Wässer im Untergrund, die mit Hilfe von Markierungsversuchen und Isotopenuntersuchungen beantwortet werden könnte.

1.3.3 Die Quellen des Hochschwabgebietes

Rund 83 % des 591 km² umfassenden Hochschwabmassives bestehen aus Karbonatgesteinen und Lockersedimenten.

Infolge guter Verkarstungsfähigkeit der Hauptgesteinsbildner (Wettersteinkalke, Dachsteinriffkalke) erfolgt der überwiegende Teil der Entwässerung unterirdisch. Teilweise oberirdische Entwässerung erfolgt, wo engklüftige und dadurch weniger wasserwegige Dolomite dominieren. Die über 1000 m mächtigen, wasserdurchlässigen Karbonatgesteine lagern über undurchlässigen Schiefen.

Ausgedehnte plateauförmige Verebnungsflächen und eine steilstehende Klüftung und Zerrüttung der Kalke begünstigen nicht nur eine intensive Verkarstung, sondern auch eine rasche Versickerung eines außergewöhnlich hohen Anteiles der Niederschläge.

Die zum überwiegenden Teil über 1400 m liegenden Verebnungsflächen und Hochtäler waren auch Ausgangspunkt einer intensiven eiszeitlichen Vergletscherung. Durch kurze, aber kräftige Talgletscher erfuhren vor allem die Täler des südlichen und westlichen Hochschwabmassives besonders im Bereich der Schiefer eine oft mehr als 200 m unter den heutigen Talboden reichende Über-tiefung. Die Wiederauffüllung dieser Becken erfolgte durch Lockersedimente. Durch Bergstürze und vor allem aus dolomitischen Bereichen vorstoßende Schuttkegel erfolgte teilweise eine Absperrung der inneren Talabschnitte, wodurch die Oberflächenwässer zur völligen Versickerung gezwungen sind und das Grundwasser anreichern. Die Entwässerung erfolgt auf Grund der geologisch-morphologischen Gegebenheiten im Norden und Westen zum überwiegenden Teil in Form starker Karstquellen, im Süden hingegen über tief in das Gebirge einschneidende Täler, wobei das Karstwasser in das Grundwasser dieser Täler übertritt. Gute Speicherung und Filterung in diesen Lockermassen, wie auch ein gleichmäßiger Abfluß, sind wesentliche Vorteile dieser Entwässerung.

Vom gesamten Hochschwabmassiv existierte bereits eine Quellaufnahme von J. ZÖTL (1961), welche allerdings nur einen Überblick bietet. Aus diesem Grund wurde von seiten des Referates für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung in den Siebzigerjahren eine Neuaufnahme des südlichen Hochschwabgebietes durchgeführt. Diese Neuaufnahme erfolgte unter dem Aspekt, daß eine Quellaufnahme gerade in Karstgebieten nur eine Momentaufnahme darstellt und jede zusätzliche Aufnahme zu einer anderen Jahreszeit und bei anderen Niederschlagsverhältnissen eine wertvolle Ergänzung bringen kann.

Es war dies auch die erste systematische Quellaufnahme, welche auf Grund des Beschlusses des Steiermärkischen Landtages vom 10. März 1969

(Präs.Nr.Ldtg. A 285/1-1968) betreffend die „exakte Aufnahme aller steirischen Wasservorräte“ erfolgte.

Zur Veranschaulichung der häufigsten im Hochschwab vertretenen Quelltypen soll ihre Darstellung von E. FABIANI (1980 a und b) kurz wiedergegeben werden:

Schuttquellen entstehen, wenn das Niederschlagswasser nur in geringen Tiefen einzudringen vermag bzw. wenn eine durchlässige Schutt- bzw. Verwitterungsschicht über nicht- oder minderdurchlässigem Untergrund aufliegt. Kennzeichen sind eine relativ hohe Quelldichte bei geringer, meist unter 0,5 l/s liegender Schüttung. Hauptverbreitungsgebiet dieser Quellen sind die Werfener Schiefer vor allem im Bereich des Südrandes, wo sie in Verflachungen als Sumpfquellen, sonst meist jedoch aus deutlichen Quellnischen besonders an Hangknicken und Hanganschnitten hervortreten.

Durch zahlreiche Schuttquellen sind auch die Bereiche der Dolomite und Gu-tensteinerkalke gekennzeichnet.

Infolge des porösen, meist feingrusigen Schuttaquifers sind für Dolomitgebiete harte Wässer mit hoher Mineralisation typisch. Wesentlich beständiger und ergiebiger sind Quellwässer aus Moränenschutt (z.B. Neuwaldalm, Lamingalm, Trawiesalm, Hackenalm).

Häufig stehen „Schuttquellen“ jedoch in Zusammenhang mit schuttüberdeckten Karstwasseraustritten nach Schichtgrenzen und Klüften. Diese Quellen können sich durch tiefere Temperaturen, anderen Chemismus, höhere, ausgeglichene Schüttung von echten Schuttquellen unterscheiden.

Kluftquellen spielen ebenfalls nur eine untergeordnete Rolle. Sie entstehen, wenn ein weitgehend isoliertes Kluftsystem keine Fortsetzung in die Tiefe findet bzw. durch lehmige Einschwemmungen (besonders durch Vergletscherung) abgedichtet ist, wodurch sich die Klüfte auffüllen, bis das Wasser einen Weg zur Erdoberfläche findet. Solche Quellen kommen in allen Höhenlagen vor, sind meist von geringer, stark schwankender Ergiebigkeit und kalt. Quellen,

welche Kalkgebieten entspringen, weisen infolge der guten Wasserwegigkeit der Klüfte meist weiches Wasser und eine geringe Gesamtmineralisation auf.

Schichtgrenzquellen treten dort gehäuft auf, wo das eindringende Wasser auf undurchlässige oder minderdurchlässige Schichten stößt und bei gegebenen Gefällsverhältnissen nach außen abgeleitet wird. Solche Quellen bilden oft der Gesteinsgrenze folgende Quellreihen.

Karstquellen. Dringt das Wasser bis zum undurchlässigen, muldenförmig gelagerten Untergrund vor, füllen sich die Klüfte und Hohlräume bis in die Höhe der tiefstgelegenen Abzugsmöglichkeiten bzw. Austrittsmöglichkeiten auf. Es entsteht, soweit ein Zusammenhang zwischen Klüften und Hohlräumen besteht, ein nach außen abfallender Karstwasserspiegel, der durch bevorzugte Wasserwege innerhalb dichter Gesteine sekundäre Wölbungen bzw. Einmuldungen erfahren kann. Das im Berg gespeicherte Wasser strebt, jeweils dem Weg des geringsten Widerstandes folgend, der tiefsten Stelle des aufgewölbten Randes zu, welche meist durch Taleinschnitte vorgegeben ist. Dort erfolgt konzentriert der Austritt der gespeicherten Wässer in Form von Überlaufquellen. Meist folgt hierbei das Wasser tektonisch vorgezeichneten Bahnen wie Brüchen, Zerrüttungszonen und Klüften, wobei sich entlang dieser vorgezeichneten Bahnen ausgeprägte Wasserwege bilden, die für große Einzugsbereiche als Vorflut dienen können. Durch stetige Erweiterung dieser bevorzugten Wasserbahnen und der dazugehörigen Einzugsgebiete erfolgt der Austritt schließlich konzentriert in Form von typischen Karstquellen.

Nicht selten bleiben jedoch auch ältere, über dem heutigen Talboden liegende Wasserwege funktionsfähig, so daß Karstquellen zumindest bei hochliegendem Karstwasserspiegel auch beträchtlich über dem heutigen Talboden austreten können, um dann wieder stark zurückzugehen oder gar zu versiegen (Hochwasserspeicher).

Der Weg des Niederschlagswassers zu diesen Quellen ist meist sehr kurz und direkt. Infolge der raschen Versickerung und vertikalen Tieferführung erfolgt die Anhebung des Karst- bzw. Kluftwasserspiegels vor allem im Bereich der Kluft- und Zerrüttungszonen sehr rasch, ebenso rasch erfolgt die mehr oder

minder horizontale Ableitung über durch Verkarstung erweiterte Kluft- und Spaltensysteme.

Typisch ist daher bei Karstquellen eine sehr rasche Reaktion auf Niederschläge, eine geringe Filterung innerhalb der großlumigen Wasserwege und eine starke Schwankung der Schüttung, die von mehreren m³/s bis zur Austrocknung reichen kann.

Infolge der tiefen, in ihrer wasserstauenden Funktion zurücktretenden Lage der Werfener Schiefer und der mangelnden glazialen Übertiefung des Salztales sind Karstquellen die typischen Quellformen im nördlichen Hochschwabgebiet.

Grundwasserquellen sind hingegen die wichtigsten Wasseraustritte im südlichen Hochschwabmassiv. Wird, wie bereits bei der glazialen Übertiefung der Täler beschrieben, der Karstwasserkörper bzw. das wasserführende Kluftnetz durch mit Lockersedimenten aufgefüllte Hohlformen angeschnitten, dringt das Karstwasser in diese ein und es entsteht ein mit dem Karstwasserspiegel in Zusammenhang stehender Grundwasserstrom. Der Austritt, des sich mit im Talboden versickernden Niederschlags- und Oberflächenwässern vermischenden Karstwassers, erfolgt meist am Ende des Beckens oder im Bereich von Talverengungen. Veränderungen der Durchlässigkeiten dieser Lockerablagerungen können auch die Ursache für Quellaustritte sein. Durch die lange Aufenthaltszeit in den zum überwiegenden Teil aus Kalk- und Dolomitschutt bestehenden Talfüllungen erfolgt eine chemische Beeinflussung der Wässer, die sich vor allem in einer deutlichen Aufhärtung und Erhöhung der Gesamtminalisation ausdrückt. Durch das große Retentionsvolumen treten Niederschlagsspitzen im Abflußregime kaum in Erscheinung; typisch sind ein überaus gleichmäßiger Abfluß mit einer durch die Schneeschmelze bewirkten Abflußspitze im Frühsommer und ein gleichmäßiger Gang der Quelltemperaturen.

1.4 ZUR QUALITÄT DES QUELLWASSERS

Abschließend ist noch auf die Qualität des Quellwassers Bezug zu nehmen. Grundsätzlich wird diese zur Zeit weniger von den geogenen als den anthropogenen Verhältnissen bestimmt. Obwohl gerade Karstwasser gegen Einflüsse von der Oberfläche her weniger geschützt ist als das Grundwasser in Tallagen, kommt diesem doch der Landschaftscharakter der Bergländer und Gebirgsregionen als natürlicher Schutz entgegen. Die Forst- und Almwirtschaft ist von geringerem Einfluß auf die Qualität des unterirdischen Wassers als die intensive Landwirtschaft der klimabegünstigten Talbecken. Daher ist bei Quellwasser bisher weder ein Nitrat- noch ein Pestizidproblem aufgetreten. Allerdings stellen Einflüsse des Fremdenverkehrs, insbesondere der Wintertouristik vor allem in Karstgebieten eine Bedrohung für die Qualität der Quellwässer dar. Diesbezüglich ist vor allem auf die Abwasserbeseitigung von Fremdenverkehrseinrichtungen zu verweisen, denen heute oft mit Sanierungsprogrammen begegnet wird. Dabei ist sicherzustellen, daß zumindest ungereinigte Abwässer nicht in den Untergrund versenkt werden. Insgesamt hofft man Bedrohungen der Wasserqualität in den wichtigsten Karstgebieten durch Schongebietsverordnungen in Grenzen zu halten. Diesbezüglich wird für die Steiermark auf fünf Schongebietsverordnungen, und zwar für das Hochschwabgebiet (BGBl.Nr. 345/1973) und das Tote Gebirge (BGBl.Nr. 79/1984) sowie den Schöckl (BGBl.Nr. 12/1989) und Sarstein - Sandling - Loser (BGBl.Nr. 736/1974) und für die 1. Wiener Hochquellenleitung im Bereich von Schneeberg - Rax - Schneealpe (BGBl.Nr. 353/1965) verwiesen.

Drei weitere Schongebiete, und zwar im Dachsteingebiet, im Weizer Bergland und im Stubalpengebiet (Salla Marmore) sind nach dem „Grundwasserschutzprogramm der Steiermärkischen Landesregierung“ vorgesehen.

Zum Vergleich der qualitativen Bedrohung von Grundwasser in Tallagen und Quellwasser aus dem Bergland sei noch vermerkt, daß die unterschiedlichsten Nutzungsinteressen in den Tallandschaften noch wesentlich härter aufeinanderprallen. Neben intensiver Landwirtschaft konzentrieren sich Dauersiedlun-

gen, Standorte von Gewerbe und Industrie sowie Verkehrswege aller Art in erster Linie auf die Täler. Dem stehen vor allem Tourismus, Viehwirtschaft und Forstwirtschaft im Bergland gegenüber.

Insgesamt ist es zu hoffen, daß durch die Einrichtung ausreichender Schutzgebiete in den Einzugsgebieten der Quellen, insbesondere im Bereich der nicht verkarsteten Bergländer und von Schongebieten in den wichtigsten großräumigen Karstarealen gelingt, das Quellwasser in Trinkwasserqualität zu erhalten. In dieser Hinsicht haben die Wiener Wasserwerke in ihren Quellgebieten bereits Beispielgebendes geleistet und bemühen sich die Wasserverbände „Hochschwab-Süd“ und „Totes Gebirge“ für die steirische Wasserversorgung ähnliches zu leisten.

1.5 ZUR NUTZUNG VON QUELLEN

Die Quellen dienen im Bergland der Trinkwasserversorgung, sei es nun in Form der Einzelversorgung oder zentralen Versorgung. Da Quellen aus den Bergen meist im freien Gefälle zu den Siedlungen in Tallagen abgeleitet werden können, waren sie von Anfang an begehrte Wasserspender für die Versorgung von Dörfern und Städten. Überdies wurde aus der Lage der Quellen im früher weitgehend unberührten Bergland eine besonders gute Qualität des Wassers abgeleitet. In Österreich haben die beiden Wiener Hochquellenleitungen ganz wesentlich zum guten Ruf des Quellwassers beigetragen und bewirkt, daß für viele Städte und Dörfer nach und nach solche Anlagen errichtet wurden. Diesbezüglich wird auf Judenburg, Schladming, Liezen, Knittelfeld, Mariazell, Mürzzuschlag etc., verwiesen.

Aus der angeschlossenen Tabelle II ist ersichtlich, welche Rolle Quellwasser bei der zentralen Trinkwasserversorgung in Österreich spielt. Wenn auch die Angaben aus den Jahren 1984 - 1986 stammen, so dürfte sich an den Prozentzahlen der verwendeten Wasserarten seither nicht viel geändert haben, außer daß ein Ansteigen der zentral versorgten Einwohner erfolgt ist.

Welchen Aufwand die Verwendung von Quellen für die Trinkwasserversorgung bedeuten kann, zeigt die Tabelle III, die für nicht verkarstete Bereiche gilt. Da solche Bereiche durch das Vorkommen vieler kleiner Quellen (Schüttungen oft $< 1 \text{ l/s}$) charakterisiert sind, wie z.B. das Steirische Randgebirge, ist es notwendig, für größere Wasserversorgungsanlagen z.B. von Wasserverbänden viele Quellen zu fassen. Ein langes und verzweigtes Leitungsnetz und ebensoviel Quellschutzgebiete sind in diesen Fällen nötig.

Tab. II: Arten des für die zentrale Trinkwasserversorgung verwendeten Wassers

	Einwohner gesamt	davon zentral versorgt	Grundwasser	Quellwasser	Grund- und Quellwasser	Artesisches Wasser	Oberflächen- wasser	Zeitraum
Österreich ¹⁾	7.529.000	ca. 80 %	50,6 %	48,7 %		0,1 % ³⁾	0,6 %	1984
Steiermark ^{2) 4)}	1.186.500	ca. 72 %	46,7 %	31,8 %	15,8 %	2,2 %	0	1984/85

¹⁾ Angaben nach P. SUCHOMEL (1985). Die Prozentzahlen der Arten des Wassers beziehen sich auf die abgegebene Wassermenge.

²⁾ Angaben nach E. KAUDERER (1986). Die Prozentzahlen der Arten des Wassers beziehen sich auf die versorgten Einwohner.

³⁾ Angabe nach der Statistik des WWK (Wasserwirtschaftskatasters).

⁴⁾ Die bei den Arten des Wassers fehlenden 3,5 % umfassen die Anlagen mit weniger als 100 versorgten Einwohnern, bei denen die diesbezügliche Feststellung unterblieb.

Tab. III: Beispiele für die überregionale Versorgung durch Quellen aus nicht verkarsteten Bereichen

Wasserverband	versorgte Einwohner	Anzahl der gefäßten Quellen	Konsensmenge	zusätzliche Wasserbeschaffung
Feistritztal	~ 7.200	38	25 l/s	3 artesische Brunnen (14,5 l/s)
Söding - Lieboch	~ 13.000	31	30 l/s	1 Brunnen (10 l/s) 10 l/s Bezug von WVV Köflach
Wies - Eibiswald	~ 9.000	46	25 l/s	19 Quellen bewilligt, aber noch nicht gefäßt
Stainztal	~ 4.500	52	15 l/s	Weitere 9 Quellen wasserrechtlich bewilligt, aber noch nicht gefäßt
Raun Reinischkogel	~ 3.200	9	6 l/s	
GESAMT	~36.900	176	101 l/s	daraus ergibt sich die Fassung 1 Quelle pro 210 EW

1.6 VERWENDETE LITERATUR

- ALFARO, C. u. M. WALLACE (1994): Origin an classification of springs and historical review with current applications. - *Environmental Geology*, 24, S 112 - 124, Springer.
- ALKER, A. (1975): Gesteinsaufbau und Wasserführung in der Koralpe. - *Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung*, Bd 31 (Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 2. Teil), S 42 - 46, Graz.
- BERNHART, L. et al. (1974): Generalplan der Wasserversorgung Steiermarks (Entwurfsstand 1973). - *Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung*, Bd 29, V, 203 S, 25 Taf., Graz.
- FABIANI, E. (1980 a): Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil IV - Die Untersuchungen im Tragößtal. - *Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung*, Bd 47, IV, 152 S, 50 Taf., Graz.
- FABIANI, E. (1980 b): Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet, Teil V - Untersuchungen in den südlichen Hochschwabtälern (Ilgenertal - Seegraben). - *Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung*, Bd 48, 237 S, 72 Taf., Graz.
- FABIANI, E.: Quellaufnahmen (1981). - *Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung*, Bd 57 (Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 5. Teil), S 43 - 56, Graz.
- FLÜGEL, H. (1963): Das Steirische Randgebirge. - *Sammlung geologischer Führer*, Bd 42, Gebr. Bornträger, Berlin-Nikolassee.
- GÖDEL, S.: Geohydrologie der Blockgletscher im Hochreichart-Gebiet (Seckauer Tauern, Steiermark). - *Diplomarbeit der Univ. Wien*, 165 S, Wien 1993.
- GRIESSLER, W. (1982): Die Kartierung von Quellen. - *Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung*, Bd 60, S 27 - 37, Graz.
- HAAS, H.J. (1995): Quellenkunde. Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen und des Grundwassers. - VIII, 220 S, 45 Abb., J.J. Weber, Leipzig.
- HACKER, P. (1972): Beiträge zur Hydrologie des Passailer Beckens und seiner Umrahmung. - *Unveröffentl. Diss. Univ. Graz*, 267 S, zahlr. Abb. u. Kt., Graz.
- HERLICKSKA, H. u. GRAF, K. (1992): Dokumentation karsthydrologischer Untersuchungen in Österreich. - *Umweltbundesamt Reports*, UBA-92-057, Wien.
- HÖFER von HEIMHALT, H. (1912): Grundwasser und Quellen. - *Eine Hydrogeologie des Untergrundes*, 135 S, 51 Abb., Viehweg, Braunschweig.
- HUBER, A., PÖSCHL, M. und H. ZETINIGG (1991): Markierungsversuche in Karstgebieten der Steiermark. - *Berichte wasserwirtschaftl. Planung*, Bd 72, 104 S, 1 Kt., Graz.
- KEILHACK, K. (1912): Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. - XI, 545 S, 249 Abb., 1 Taf., Bornträger, Berlin (weitere Auflagen 1917 und 1935).
- LECHNER, J. (1947): Quellengeologische Beobachtungen aus dem Südrand des Toten Gebirges. - *Verh.Geol.BA*, Jg. 1945, S 77 - 83, Wien.
- LEITLINIE für die Nutzung und den Schutz von Karstwasservorkommen für Trinkwasserzwecke (1984). - *ÖWWV-Regelblatt* 201, 55 S, 1 Abb., Wien.

- LERSCH, B.M. (1870): Hydro-Physik oder Lehre vom physikalischen Verhalten der natürlichen Wässer, namentlich von der Bildung der kalten und warmen Quellen. - 2. Aufl. (Neuausgabe, durch Zusätze vermehrt), A. Henry, Bonn.
- MAURIN, V. u. ZÖTL, J. (1964): Hydrogeologie und Verkarstung der Steiermark 1:300.000. - Atlas der Steiermark, Akad. Druck und Verlagsanst. Graz.
- MAURIN, V. u. ZÖTL, J. (1972): Der Andritzursprung, Meßergebnisse zur Charakteristik einer großen Karstquelle am Stadtrand von Graz. - Steir.Beitr.Hydrogeol., 24, S 111 - 137, 8 Abb, Graz.
- MICHEL, G. (1987): Der Wassersucher Abbe` Paramelle (1790 - 1875). - Hexer oder Heiliger? - BBR 38, 4, 149 - 157, Berlin.
- NUTZUNG und Schutz von Quellen in nicht verkarsteten Bereichen (1990). - ÖWWV-Regelblatt 205, 92 S, 2 Abb., 7 Taf., ÖWWV, Wien.
- PRINZ, E. u. KAMPE, B. (1934): Quellen (Süßwasser- und Mineralquellen). - Handbuch der Hydrologie, 2. Bd, VII, 290 S, 274 Abb., Springer, Berlin.
- RICHTER, W. u. LILLICH, W. (1975): Abriß der Hydrogeologie. - VIII, 281 S, 96 Abb., Schweizerbarth'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- SAUER, K. (1961): Die Zirkulation des Wassers in Kristallingebieten. - GWF, Wasser - Abwasser, 102. Jg., H 28, S 778, München.
- SCHUBERT, E. (1981): Die Lage der Quellen in Bezug auf die Oberflächenformen im steirischen Koralpengebiet (1976). - Berichte der wasserwirtschaftl. Rahmenplanung, Bd 57 (Grundlagen für versorgungswasserwirtschaftl. Planungen in der Südweststeiermark, 5. Teil), S 37 - 42, Graz.
- STINY, J. (1933): Die Quellen. Die geologischen Grundlagen der Quellenkunde für Ingenieure aller Fachrichtungen sowie für Studierende der Naturwissenschaften. - VIII, 255 S, 154 Abb., Springer, Wien.
- STINY, J. (1936): Zur Kenntnis der Formenentwicklung von Quellaustritten. - Zeitschr. Ges. Erdkunde Berlin. - Jg. 1936, Nr. 1/2, S 26 - 42, Berlin.
- THURNER, A. (1956): Geologische Vorarbeiten bei Quelfassungen. - GWF, Bd 10, 9. H., S 237 - 241, Wien.
- THURNER, A. (1967): Hydrogeologie. - VI, 350 S, 187 Abb., Springer, Wien - New York.
- UNTERSWEIG, T. & SCHWENDT, A. (1994): Erkundung der Quellen der Niederen Tauern. Zusammenfassender Gesamtbericht 1987 - 1993. - Unv. Ber., 100 S, Graz.
- UNTERSWEIG, T & SCHWENDT, A. (1995): Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern. - Berichte wasserwirtschaftl. Planung, Bd 78, 76 S, 17 Tab., 31 Abb., 13 Kt, 3 Beil., Graz.
- UNTERSWEIG, T. & SCHWENDT, A. (1996): Blockgletscher und Quellen in den Niederen Tauern. - Mitt. Österr. Geol. Ges. 87, 47 - 55, Wien.
- ZETINIGG, H. (1981 a): Bemerkungen zur Kartierung der Quellen des Koralpenzuges. - Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung, Bd 57, S 57 - 65, Graz.
- ZETINIGG, H. (1981 b): Überlegungen zur Auswertung der Quellen des Koralpengebietes. - Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung, Bd 57, S 66 - 80, Graz.

ZÖTL, J. u. ZOJER, H. (1975): Hydrogeologische Studien über die Wasservorkommen der Weststeiermark. - Berichte wasserwirtschaftl. Rahmenplanung, Bd 30 (Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 1. Teil), S 18 - 48, 5.Fig., Graz.

Anschrift des Verfassers:

ROBR.DoZ.Dr. Hilmar Zetinigg
Fachabteilung III a - Referat II - Wasserversorgung
Stempfergasse 7/III
8010 Graz

2 SYSTEMATISCHE QUELLBEOBACHTUNG DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES IN DER STEIERMARK

Inhaltsverzeichnis

- 2.1. Gesetzliche Grundlagen
- 2.2. Grundlagen
- 2.3. Aufgabenstellungen
- 2.4. Organisation und Ausbau eines Beobachtungsnetzes
- 2.5. Das Quellbeobachtungsnetz des Hydrographischen Dienstes (Stand 1995)
- 2.6. Ausbaukonzept
- 2.7. Auswertung
- 2.8. Erste Erfahrungen mit Datensammlern
- 2.9. Archivierung
- 2.10. Literaturverzeichnis

2.1 GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Mit der Novellierung des Hydrographiegesetzes 1987 (BGBl. 317/1987) wurde der Wille des Gesetzgebers zum Ausdruck gebracht, daß Quellen als Teil des Wasserkreislaufes einer systematischen Beobachtung zuzuführen sind und diese Aufgabe vom Hydrographischen Dienst wahrzunehmen ist.

Mit der Wasserrechtsnovelle 1990 (BGBl. 252/1990) wurde auf Grundlage des Hydrographiegesetzes die Erhebung der Wassergüte in Österreich beschlossen, in die auch Quellen einzubeziehen sind. Die Durchführung wird in den Bundesländern unterschiedlich geregelt, in der Steiermark werden diese Aufgaben von der Fachabteilung Ia (Allgemeine Technische Angelegenheiten, Referat Gewässergüteaufsicht) wahrgenommen.

Im Zuge einer beabsichtigten weiteren Novellierung des Hydrographiegesetzes ist die Aufnahme von Quell- und Bodenwassermeßstellen bzw. die Verordnung eines Quellmeßstellennetzes vorgesehen.

Angesichts der Tatsache, daß die Erhebung des Wasserkreislaufes bereits seit mehr als 100 Jahren vom Hydrographischen Dienst durchgeführt wird, kommt diese Regelung spät.

Denn weder im Organisationsstatut des Hydrographischen Dienstes von 1894, noch im Hydrographiegesetz 1979, in dem die Tätigkeiten des Hydrographischen Dienstes auf gesetzliche Grundlage gestellt wurden, war die Erfassung und Beobachtung von Quellen eindeutig geregelt.

Gründe für die späte Einbeziehung der Quellen in die Beobachtung können darin gesehen werden, daß nicht eindeutig definiert war, ob Quellen dem ober- oder dem unterirdischen Wasser zuzuordnen sind, bzw. wo das unterirdische Wasser aufhört und das Oberflächenwasser beginnt, sich also niemand konkret zuständig fühlte. Weiters lag keine Regelung darüber vor, welche Parameter in welchen Zeitabständen und unter welchen Auswahlkriterien zu erfassen

Mit der Novellierung des Hydrographiegesetzes 1987 ist nunmehr eindeutig geklärt, daß die Quellen dem unterirdischen Wasser zuzuordnen sind, womit zumindest ein Beginn zu einer systematischen Beobachtung gesetzt wurde.

2.2 GRUNDLAGEN

Jeder Anfang wird in dem Maße erleichtert, als bereits brauchbare Unterlagen, auf denen aufgebaut werden kann, vorliegen. Quellen fanden in der Steiermark bisher, wie auch anderswo, in zweierlei Hinsicht Beachtung. Einerseits in direktem Zusammenhang mit einer Nutzung und dafür erforderlichen Untersuchungen, andererseits auf wissenschaftlicher Ebene. Es handelt sich somit in erster Linie um Unterlagen aus der Literatur, Dissertationen und Auftragsarbeiten, Gutachten, Quellkartierungen und Aufzeichnungen von Wasserversorgungsunternehmen.

An Literatur sind vor allem die 1949 erstmals erschienenen "Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermark" zu nennen, welche ab 1958 als "Steirische Beiträge zur Hydrogeologie" weitergeführt wurden. In dieser reichhaltigen Veröffentlichungsreihe spielt die Quellhydrogeologie eine wichtige Rolle und sind vor allem Namen wie W. BRANDL, H. FLÜGEL, A. HAUSER, V. MAURIN, E. NEUWIRTH, E. WORSCH und J. ZÖTL zu nennen.

Beschäftigten sich Gutachten und Veröffentlichungen überwiegend mit konkreten Fassungsverhaben und Kleineinzugsgebieten, waren es die Karstuntersuchungen von J. ZÖTL, V. MAURIN, F. BAUER, später H. ZOJER welche sich erstmals mit größeren, zusammenhängenden Gebieten befaßten (V. MAURIN, J. ZÖTL, 1959, J. ZÖTL, 1961). Schwerpunkt der Untersuchungen war die auf Tracerversuche gestützte Erforschung unterirdischer Zusammenhänge (Steir. Beitr. z. Hydrogeol. 1967). Bereits 1963 erstellte F. BAUER den Entwurf eines Österreichischen Quellkatasters (unv.). Erste systematische Quellkartierungen wurden von N. ANDERLE im Bereich Tauplitz, Turrach, Stolzalpe durchgeführt.

Private Gutachten von Hydrogeologen liegen in großer Zahl in den Archiven von Gemeinden und Ämtern vergraben. Allen voran ist hier A. THURNER zu

nennen, dessen reicher Erfahrungsschatz in einem Lehrbuch (Hydrogeologie, Springer 1967) Niederschlag fand.

Eine wesentliche Grundlage ist der Quellkataster der wasserwirtschaftlichen Planung des Amtes der Stmk. Landesregierung. Wie schon im ersten Beitrag eingehender berichtet, wurde 1971 in der Steiermark als erstem Bundesland mit der systematischen Kartierung von Quellen begonnen. Diese von L. BERNHART in Zusammenhang mit einer systematischen Erhebung der Trinkwasservorräte initiierte Erhebung wurde in der Koralpe begonnen und später auf weite Teile des steirischen Randgebirges, des Hochschwabmassivs, die nördlichen Kalkalpen und zuletzt auf die Niederen Tauern ausgedehnt.

Auf Grund einheitlicher Richtlinien (E. FABIANI, 1971) wurden die Quellen durch freie Mitarbeiter, vor allem Geologen und Geographen kartiert und einer einmaligen Messung von Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit, teils auch pH-Wert und Alkalität unterzogen. Als Resultat liegt ein weite Teile der Steiermark umfassender Quellkataster vor.

Von diesen Quellkartierungen und Untersuchungen wurde nur ein Teil in den Berichten der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung publiziert.

Es sind dies die Arbeiten H. ZETINIGG (Schöckl 1982), G. FUCHS, 1983 und P. HACKER, 1991 (Weizer Bergland), W. KOLLMANN, 1983 (Gesäuseberge) und H. STADLER, 1992 (Hochlantsch), sowie ein eigener Berichtsband über die Koralpe (L. BERNHART u.a.; 1981).

Der Großteil der Literatur und Untersuchungen bezieht sich auf einmalige Aufnahmen oder zeitlich befristete Beobachtungen. Schwerpunkt ist meist eine Darstellung der hydrogeologischen, teils auch hydrochemischen Verhältnisse.

Längerfristige Beobachtungen erfolgten bisher meist nur in Zusammenhang mit von der Wasserrechtsbehörde vorgeschriebenen Beweissicherungen, insbesondere in Zusammenhang mit Tunnelbauten, Kraftwerksbauten und Wasserversorgungen.

Hier bieten sich in idealer Weise die seit einem Jahrzehnt und länger durchgeführten Quellmessungen des Wasserverbandes Koralpe und der Zentralwasserversorgung Hochschwab-Süd Ges.m.b.H. an.

2.3 AUFGABENSTELLUNG

Bei der Inangriffnahme eines so umfangreichen neuen Arbeitsgebietes bedarf es grundlegender fachlicher Überlegungen, welche von den Auswahlkriterien bis zur Meßtechnik, von der Organisation bis zur Auswertung und Archivierung reichen.

Um die Vorgangsweisen zwischen Bundesländern und Hydrographischen Zentralbüro abzustimmen und einen Erfahrungsaustausch zu ermöglichen, wurde eine Arbeitsgruppe "Quellbeobachtung" gegründet.

Ohne den Ergebnissen dieser Arbeitsgruppe vorgreifen zu wollen, zeichnet sich folgende Aufgabenstellung ab:

Aufgabe einer systematischen Quellbeobachtung sollte es sein, über ein möglichst repräsentatives Netz charakteristische Parameter ausgewählter Quellen durch langjährige Beobachtung zu erfassen.

Während Grundparameter wie Schüttung, Temperatur und Leitfähigkeit auch für Dauerbeobachtungen obligat sind, werden für Trübemessungen vor allem Karstquellen mit einem räumlich eng begrenztem Austritt in Frage kommen und wird für die Einbeziehung qualitativer Parameter jeweils eine örtliche Entscheidung maßgebend sein.

Wertvolle Aussagen über Aufenthaltszeit des Wassers im Untergrund, Herkunft bzw. Einzugsgebiet, Mischungsverhältnisse, Erneuerung und anderes mehr können aus der Isotopenhydrologie gewonnen werden.

Der Einsatz solcher Hilfsmittel muß jedoch schon allein aus finanziellen Gründen speziellen Fragestellungen vorbehalten werden und kann nach der derzeitigen Gesetzeslage nicht in die allgemeine Erfassung des Wasserkreislaufes durch die Hydrographie einbezogen werden.

Wenn es sich auch bei einer Quelle nach der ÖNORM B 2400 um "eine räumlich eng begrenzte, natürliche Austrittsstelle von unterirdischem Wasser" handelt, wird eine Dauerregistrierung mehrerer Parameter des öfteren auf die Schwierigkeit stoßen, daß der Gesamtabfluß eines definierbaren Quell- bzw. Einzugsgebietes erst in erheblicher Entfernung von den ersten Austrittsstellen erfaßbar ist.

Auf Grundlage langjähriger Meßreihen sollte es möglich sein, Aussagen über den Jahresgang der gewünschten Parameter, wie auch den Einfluß geogener und anthropogener Faktoren zu erhalten und statistischen Zahlen wie Dauerlinien, Jahres- und Monatsmittelwerte, Abflußspenden, Schwankungsbereiche, Extremwerte, Auslaufkurven und anderes mehr erarbeiten zu können. Darüber hinaus sollten auch Beziehungen zu klimatologischen, geologischen, morphologischen und ökologischen Parametern hergestellt werden können.

Um möglichst repräsentative und in der Praxis anwendbare Aussagen zu erreichen, sollte die Auswahl der zu beobachtenden Quellen so erfolgen, daß die wichtigsten geologisch, morphologisch und klimatologisch unterschiedlichen Typen von Einzugsgebieten erfaßt werden, aber auch verschiedene Höhenstufen und Bodennutzungsarten, wie auch verschiedenen Quelltypen Berücksichtigung finden.

Weiters sollte, wo immer es möglich ist, das Einzugsgebiet definierbar sein und nach Möglichkeit eine Beziehung zu einer Niederschlagsmeßstation und Abflußmeßstation an einem Oberflächengewässer hergestellt werden können. So vielfältig die Zahl der beeinflussenden Faktoren auch ist, ist für die Auswahl der Quellen, wie auch für die Beurteilung der Ergebnisse eine Kenntnis der hydrogeologischen Gegebenheiten eine wesentliche Voraussetzung.

Die Auswahl der Quellen sollte daher stets unter Beziehung eines Hydrogeologen und so erfolgen, daß nach Möglichkeit geologisch einheitliche, abgrenzbare Einzugsgebiete erfaßt werden können und der Quelltyp bestimmt werden kann.

2.4 ORGANISATION, AUSBAU EINES BEOBACHTUNGSNETZES

Bei der Übernahme des neuen Aufgabengebietes durch den Hydrographischen Dienst war grundsätzlich von der Voraussetzung auszugehen, daß dieses ohne personelle und finanzielle Aufstockung bewältigt werden müsse.

Organisation und Planung hatten sich daher von vorne herein nicht auf eine spektakuläre Entwicklung, sondern auf eine nur längerfristig, durch Umschichtung, Rationalisierung und persönlichen Einsatz von Mitarbeitern zu bewältigendes Aufgabengebiet einzustellen.

Organisatorisch hat sich folgende Vorgangsweise als zielführend bewährt:

- Planung eines verschiedene hydrogeologische und klimatologische Regionen des Landes umfassenden Beobachtungsnetzes
- Herstellung des Einvernehmens mit dem Hydrographischen Zentralbüro (Verordnung) und mit der Fachabteilung Ia (Gewässergüteerhebung) zwecks Koordination des Meßstellennetzes bzw. des Ausbaues
- Auswahl von Meßstellen, welche durch örtliche Beobachter bzw. welche durch selbstregistrierende Geräte (Datensammler) erfaßt werden sollten
- Erarbeitung eines Prioritäten- und Ausbauplanes im Einvernehmen mit den genannten Dienststellen und nach Maßgabe der zu erwartenden finanziellen Mittel (Jahres-, Mittelfrist- und Langzeitprogramm)
- Bei Kleinquellen: - Suche nach örtlichen Beobachtern
 - Herstellung des Einvernehmens mit dem Grundbesitzer
 - Ausstattung der Beobachter (Meßgefäß, Stoppuhr, Formulare, Thermometer, Leitfähigkeitsmeßgerät)
- Bei stärkeren und Großquellen:
 - Feststellung des Schwankungsbereiches durch Messungen (Flügelmessungen, Salzmessungen)
 - Herstellung des Einvernehmens mit Grundbesitzern, Fischereiberechtigten, Wasserberechtigten, erforderlichen falls Einholung behördlicher Genehmigungen (Naturschutz, Wasserrecht)
 - Suche eines örtlichen Betreuers
 - Planung und Dimensionierung einer geeigneten Meßanlage
 - Ausschreibung, Auftrag, Bauaufsicht
 - Ankauf und Einbau von geeigneten Meßgeräten

Soweit möglich, wird versucht nach folgenden Grundsätzen vorzugehen:

a) Auswahl:

- * ganzjährige Erreichbarkeit und Meßbarkeit
- * keine Beeinflussung durch Ableitung, Rückstau, Versickerung, Viehtränke, Vereisung, Lawinen, Schneeräumung etc.
- * geschlossener Austritt mit Meßmöglichkeit möglichst nahe am Quellsprung

b) Beobachtung:

Grundsätzlich sollte das bewährte Prinzip des Hydrographischen Dienstes mit

- Messung und laufende Wartung durch örtliche Beobachter
- Kontrolle und Instandhaltung durch den Hydrographischen Dienst beibehalten werden.

Beim Einsatz von Datensammlern und automatischen Registriergeräten ist eine Betreuung durch fachlich geschultes Personal in den erforderlichen Abständen unumgänglich, doch ist auch bei solchen Anlagen eine laufende Kontrolle der Anlagen auf Verklausungen, Geschiebe, Vereisungen, Beschädigungen und Funktion durch örtliche Beobachter anzustreben.

c) Ausbau:

Eine Dauerbeobachtung, wie sie grundsätzlich anzustreben ist, bedarf fester Meßeinrichtungen. Diese sind im Quellaustrittsbereich oder unmittelbar danach so anzubringen, daß die gesamte Schüttung ohne Verluste erfaßt werden kann.

Der Ausbau der Meßstellen erfolgt in Anpassung an den zu erwartenden Schwankungsbereich der Schüttung, wobei sich folgende Anlagen bewährt haben:



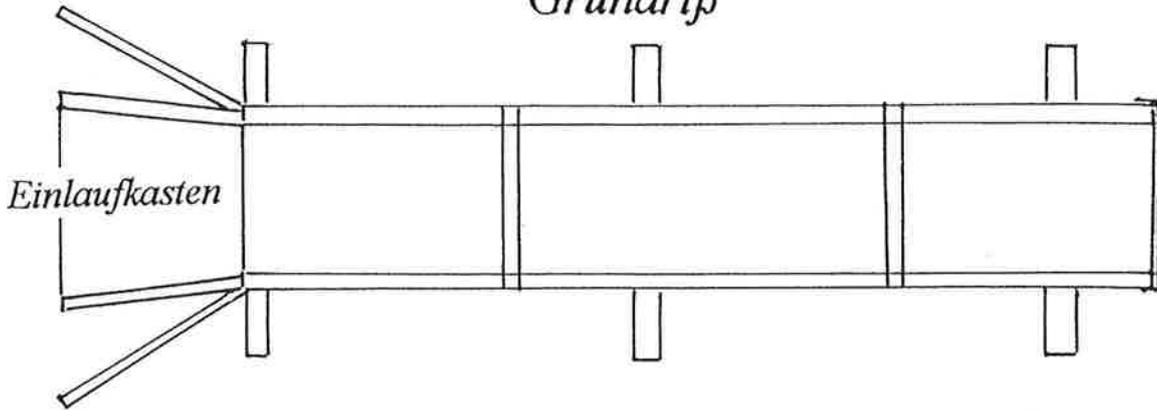
Abb. 1: Meßwehr mit zwei parallel geführten Abflußrohren



Abb. 2: Meßwehr mit zwei getrennten Überfällen

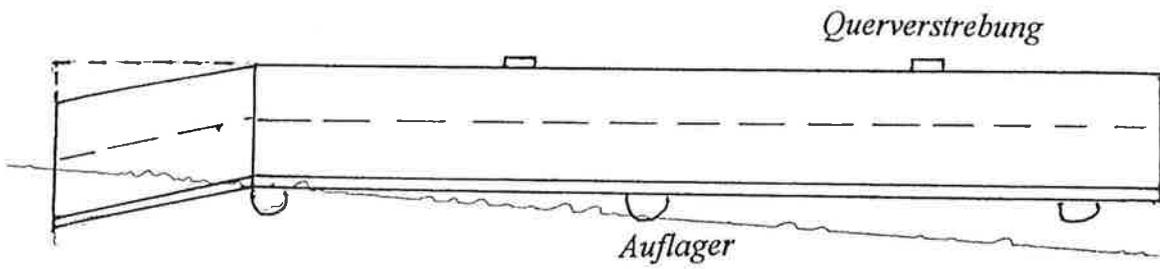
Taf. 1: Thompsonüberfall

Grundriß

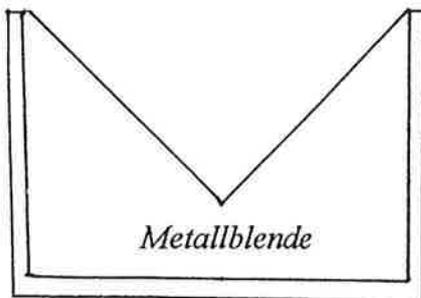


seitliche Einbindung

Seitenansicht

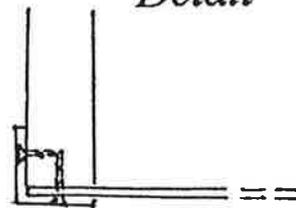


Vorderansicht



Metallblende

Detail



Befestigung der Blende

Quellen bis rd. 5 l/s Schüttung:

Meßrohre oder Meßrinnen

Bei häufig stärkerer Schüttung kann die Meßgenauigkeit durch den Einbau von zwei parallelen Rohren erhöht werden. (Abb. 1)

Messung: Meßgefäß und Stoppuhr

Quellen bis rd. 30 l/s Schüttung:

stark schwankende Schüttung: Thompsonüberfall (auch geringe Schüttungen exakt erfaßbar) (Tafel 1)

gleichmäßige Schüttung: Meßrinne/wehr mit scharfkantigem Rechtecküberfall (Rehbocküberfall) ohne/mit Seitenkontraktion (Tafel 2)

Messung: Ablesung des Wasserstandes über dem 0-Punkt (Niveau der Überfallskrone). Die Umsetzung der Quellschüttung (Q in l/s) erfolgt über rechnerisch ermittelte Tabellen, doch werden eine Eichung und Kontrollmessungen empfohlen.

Quellen über 30 l/s Schüttung:

Meßwehre mit/ohne Seitenkontraktion

stark schwankende Quellen: Normal + Hochwasserprofil (Doppelprofil) oder Meßrinne (Tafel 4)

Messung: Aufzeichnung des Wasserstandes über 0-Punkt (Niveau- Überfallskrone).

Zur Kontrolle und Eichung bewährt sich ein zweiter kleiner, für Gefäßmessungen geeigneter Rechtecksüberfall, wobei die Durchflußmengen im selben Verhältnis stehen, wie die Breiten der nebeneinanderliegenden Überfälle (Tafel 2 und Abb. 2)

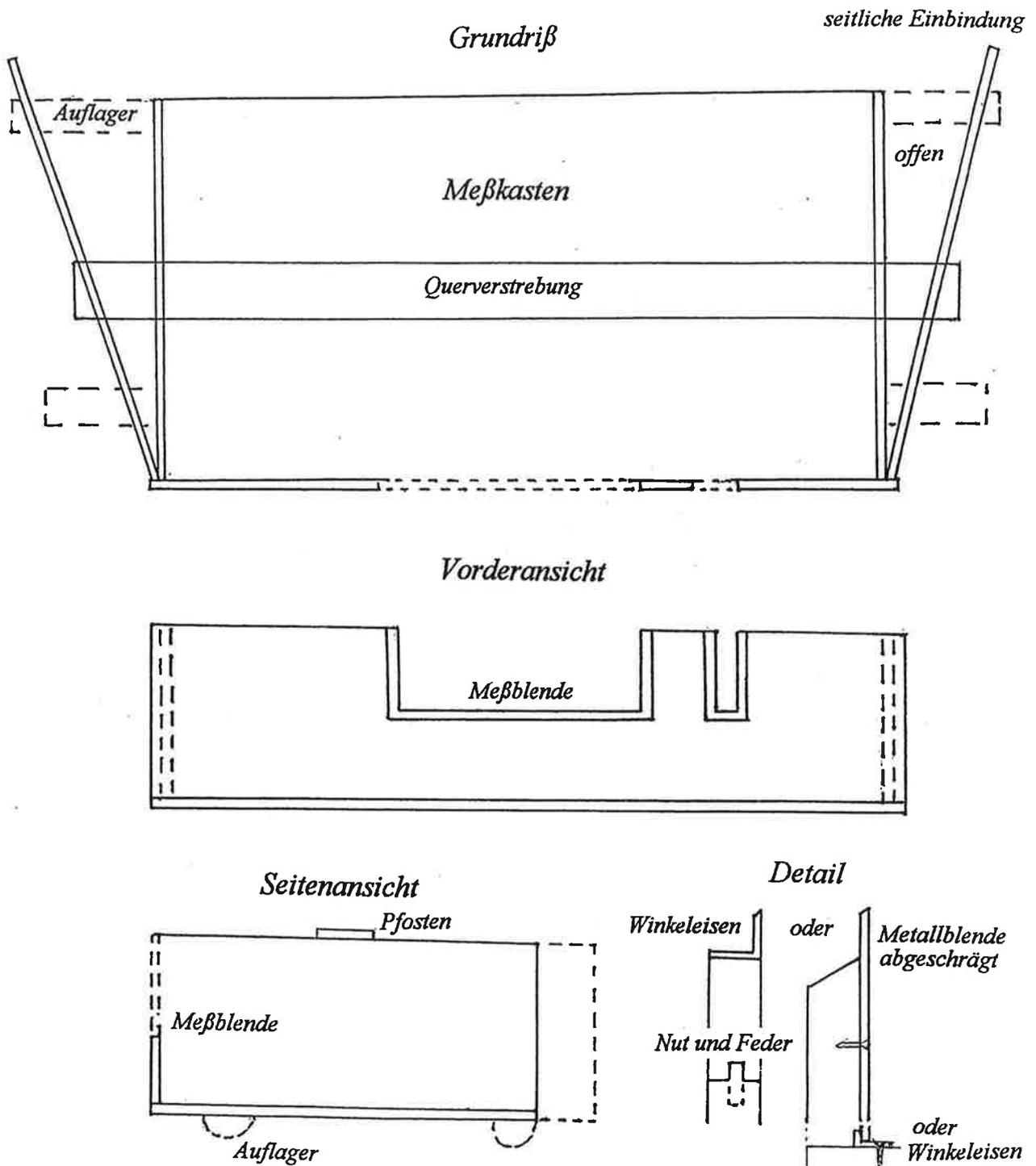
Wartung (für alle Meßanlagen): Freihaltung von Geschieben, Verklausungen, Moos, Eis, Überprüfung der Dichtheit

d) Messung:

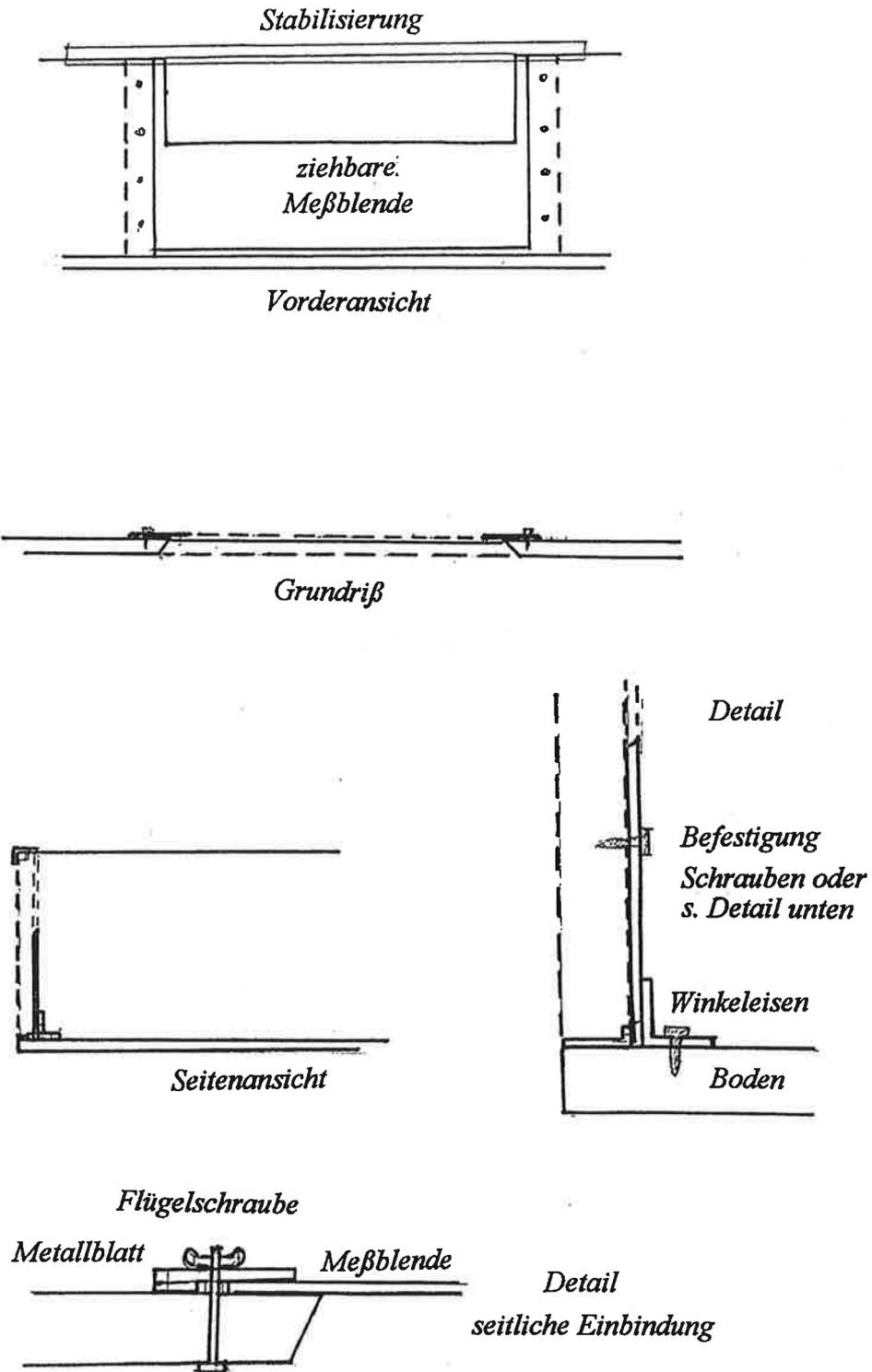
Zu erfassende Parameter sind: Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit, Trübe.

Beobachtungsfrequenz und erfaßte Parameter stehen zwangsläufig in Abhängigkeit von der Lage und dem Typus der zu messenden Quelle. Örtliche Beobachter, welche nahe der zu messenden Quellen wohnhaft sind, können bei Bedarf auch mehrmals wöchentlich Schüttung und Temperatur messen, jedoch nur nach und nach mit Leitfähigkeitsmeßgeräten ausgerüstet werden. Beobachter, welche ein größeres Gebiet betreuen, können mit entsprechenden Geräten ausgerüstet werden, doch ist die Beobachtungsfrequenz den Verhältnissen anzupassen. Örtliche Beobachter führen derzeit zwei Messungen/Woche, jeweils montags und donnerstags durch. Kontrollmessungen durch den Hydrographischen Dienst erfolgen mindestens vierteljährlich. Datensammler sind so ausgelegt, daß sie kontinuierlich Wasserstand (meist über Drucksonde), Wassertemperatur, Leitfähigkeit und bei Bedarf (insbesondere bei Karstquellen) auch die Trübe erfassen können. Kontrolle und Wartung sollten nach Möglichkeit monatlich erfolgen.

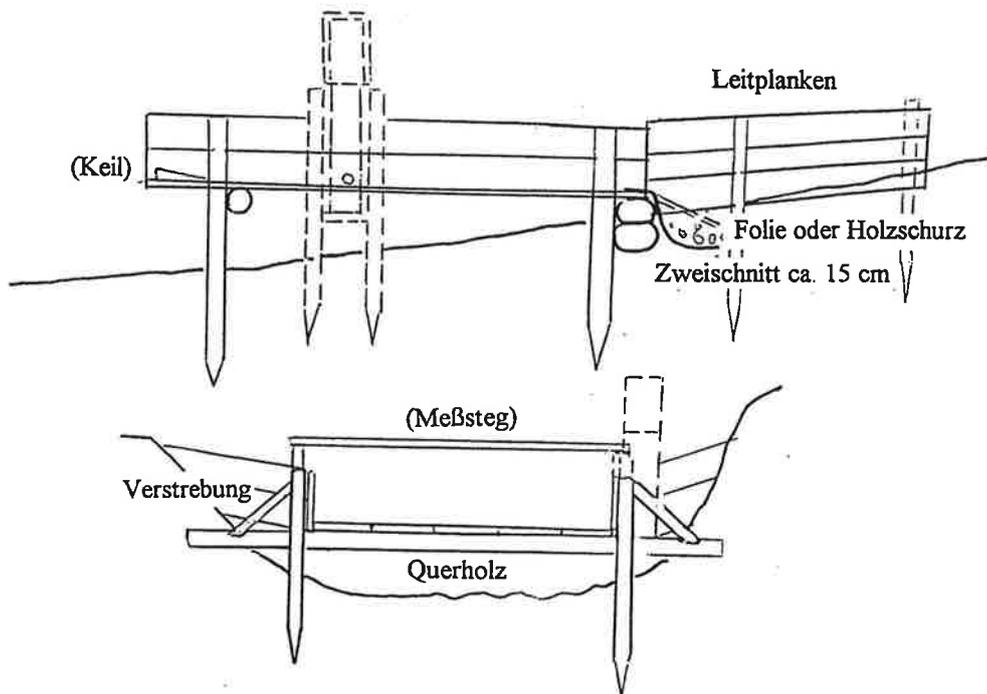
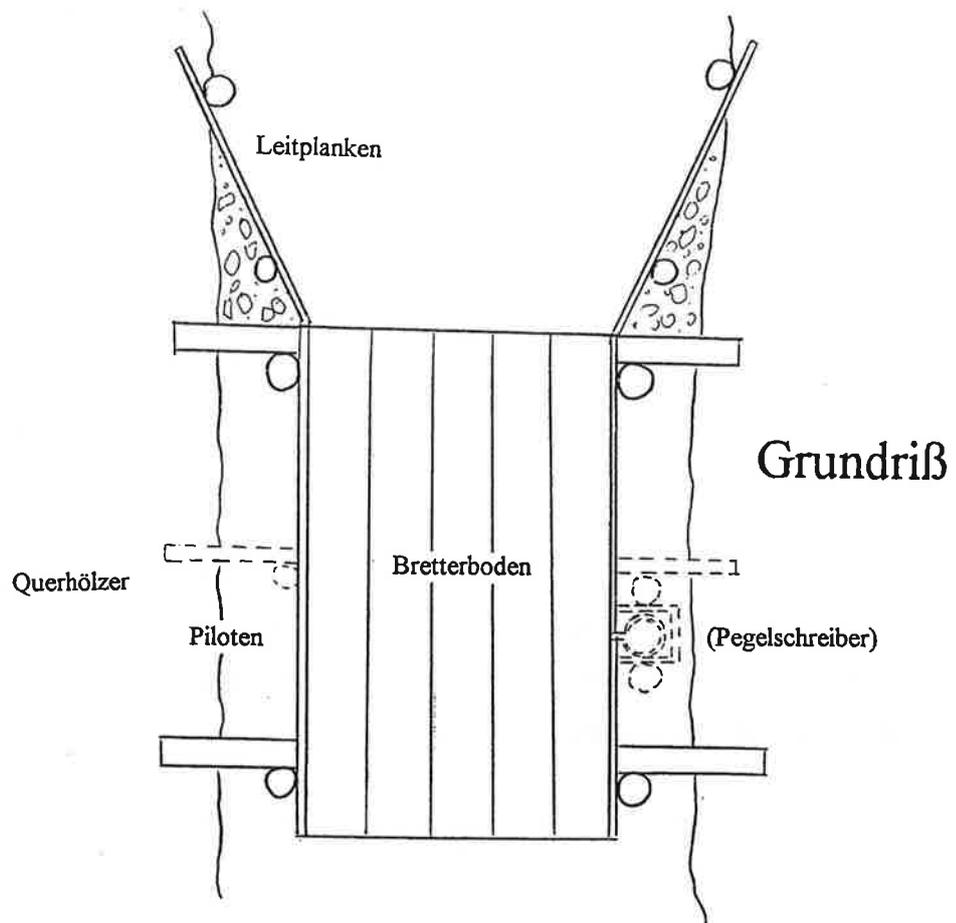
Taf. 2: Meßüberfall



Taf. 3: Skizze einer ziehbaren Meßblende



Taf. 4: Meßrinne in Holzbauweise



2.5 DAS QUELLBEOBACHTUNGSNETZ DES HYDROGRAPHISCHEN DIENSTES (STAND 1995)

Dank bestehender Grundlagen und der Kooperationsbereitschaft von Wasserversorgungsunternehmen war es in der Steiermark als erstem Bundesland möglich, mit systematischen Beobachtungen zu beginnen.

In einer ersten Ausbaustufe war es der Hydrographischen Landesabteilung möglich, auf bereits seit längerer Zeit kontinuierlich beobachtete Quellen im Gebiet der Koralpe, der südlichen Hochschwabtäler und des oberen Mürztals zurückzugreifen.

Trotz der relativ hohen Zahl beobachteter Quellen in diesen Gebieten, wurden die Beobachtungsnetze um Quellen aus bisher nicht erfaßten geologischen Untergrundverhältnissen, Höhenlagen und Expositionen erweitert und werden diese von den bisher tätigen Beobachtern mitbetreut.

Längerfristig ist vorgesehen, nach einer ersten informativen Beobachtungszeit repräsentative, für die Dauerbeobachtung geeignete Quellen auszusuchen und diese mit Meßgeräten bzw. Datensammler auszustatten. Das übrige Netz kann nach Bedarf auf die aussagekräftigsten Quellen reduziert werden.

In der Folge werden die bestehenden Quellbeobachtungsnetze kurz beschrieben.

2.5.1 Quellbeobachtungsnetz Koralpe

Im Quellgebiet der Schwarzen Sulm wurden auf Grundlage der Quellaufnahme 1971/72 der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung seit 1983 Quellbeobachtungen durch den Wasserverband "Koralpe" durchgeführt. Diese monatlich bis 14-tägig durchgeführten Schüttungsmessungen an 15 Quellenaustritten wurden auch nach Fassung der Quellen weitergeführt, wobei teils mehrere Zutritte in den Quellstuben getrennt gemessen werden. In den letzten Jahren wurde

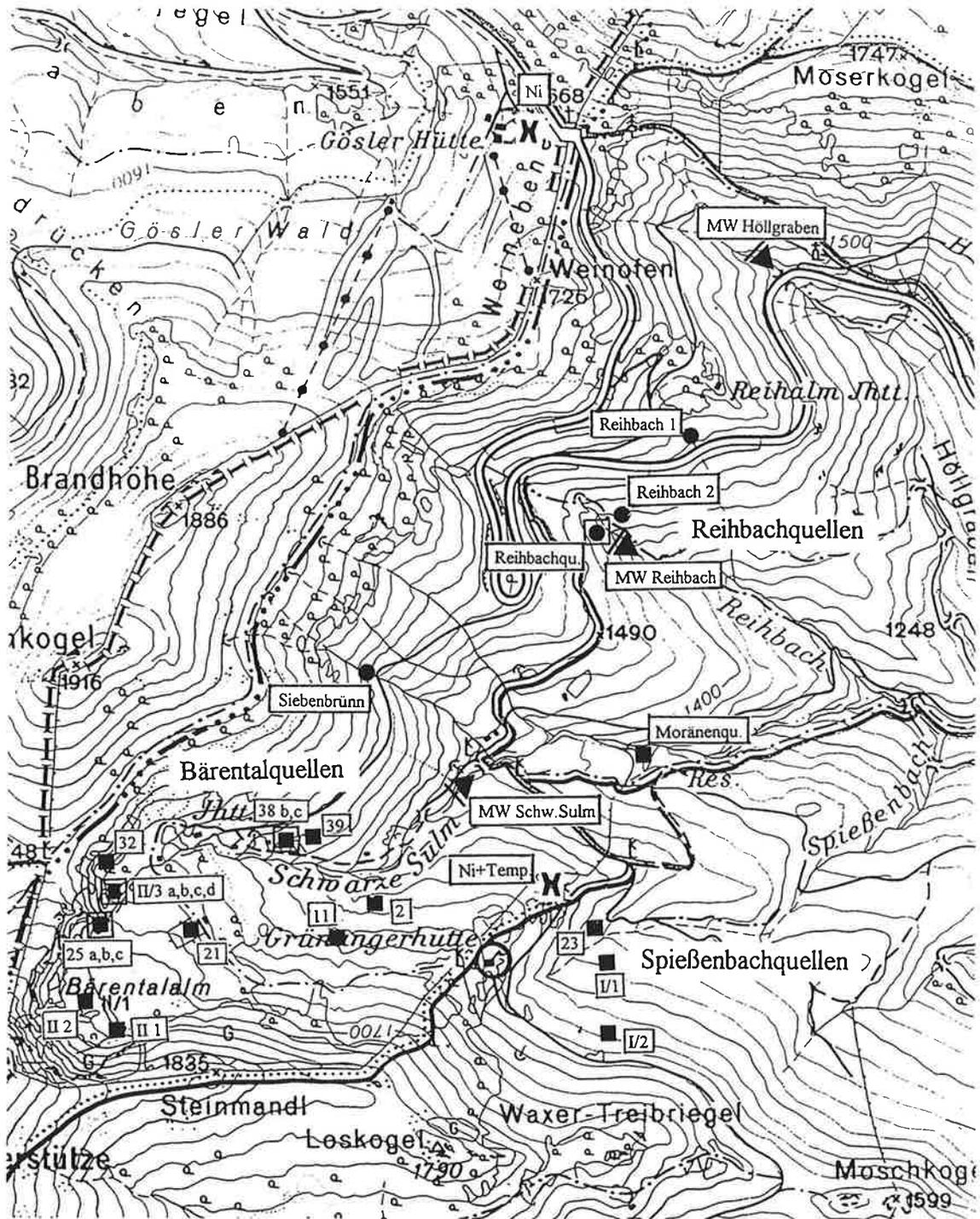
das Netz um weitere Quellen (Spießbach, Moränenquelle, Reihbachquelle) erweitert (Tafel 5).

1992 wurden im Einvernehmen mit der Hydrographischen Landesabteilung den Gesamtabfluß erfassende Meßwehre an der Schwarzen Sulm, am Reihbach und Höllgrabenbach errichtet und Meßstellen am Abfluß der 7 Brunn-Quellen und zwei Zubringern des Reihbaches eingerichtet.

Die Betreuung des erweiterten Meßstellennetzes, wie auch von zwei im Einzugsgebiet situierten Ombrographen wurde vom Beobachter des Wasserverbandes (Herrn Herzlieb) übernommen.

Seit 1994 werden auch Temperatur und Leitfähigkeitsmessungen durchgeführt. Ein Vergleich des Ausschnittes aus der Originalkarte der Quellaufnahme 1971/72 mit dem derzeitigen Ausbaustand, läßt die Bedeutung dieser Grundlage für die Wasserwirtschaft deutlich werden (Tafel 6).

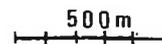
Taf. 5: Quellbeobachtungsnetz Koralpe



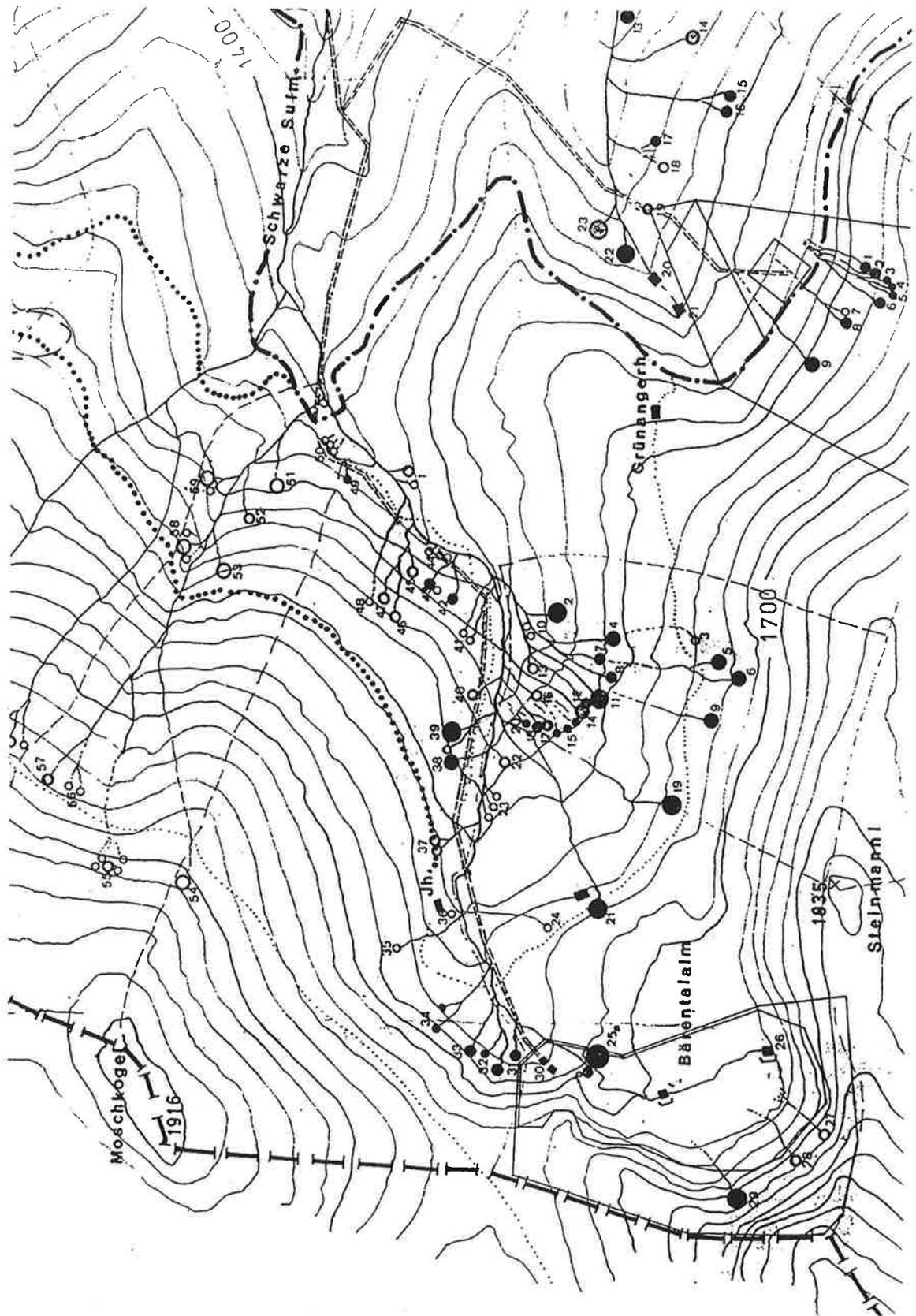
Legende

- Quelle gefaßt
- Zusammenschluß mehrerer Quellaustritte

- Quelle ungefaßt
- Fassung beabsichtigt
- ▼ Meßwehr
- X Ombrograph



Taf. 6: Ausschnitt aus der Originalkarte der Quellkartierung in der Koralpe (FABIANI 1971)

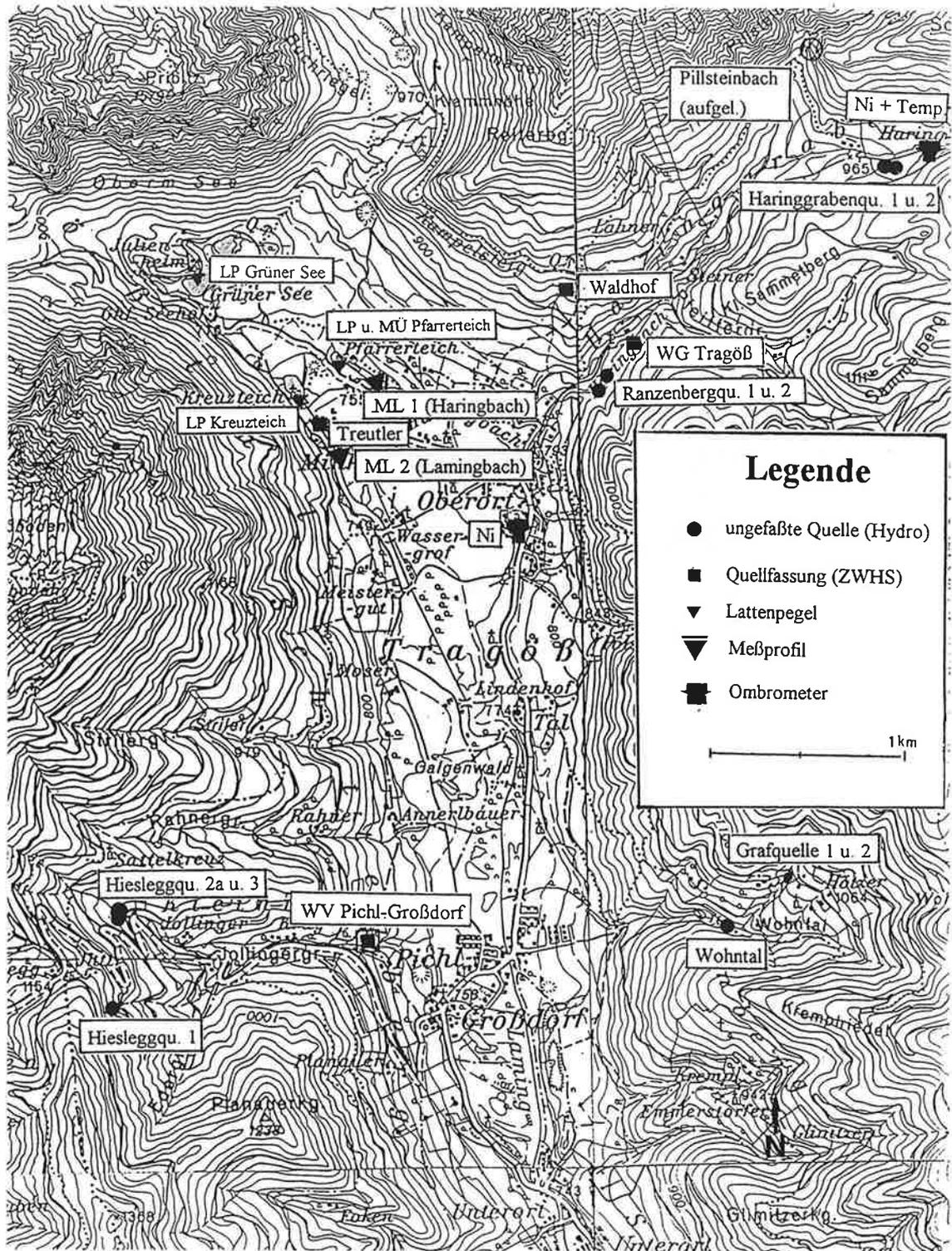


2.5.2 Südliche Hochschwabtäler

In Zusammenhang mit einem geplanten Dauerpumpversuch und folgender Wasserentnahme im Ilnertal wurde 1983 durch die Zentral-Wasserversorgung Hochschwab Süd ein ausgedehntes Beweissicherungsnetz eingerichtet. Dieses umfaßte im Tragößtal 5 Quellen, 3 Seepiegel und 3 Abflußmeßstellen (Tafel 7), im Ilnertal 22 Quellen, 1 Abflußmeßstelle (Tafel 8), im Gemeindegebiet Etmißl 9 Quellen sowie 5 Quellen im Fölztal, insgesamt somit 41 Quellen.

Dieses im Normalfall monatlich, während der Pumpversuche in engeren Abständen gemessene Netz wurde durch Quellmessungen im Feistringgraben und Seegraben ergänzt. 1993 wurden durch den Hydrographischen Dienst, 9 weitere, außerhalb des Kalkmassives gelegene Quellmeßstellen eingerichtet. Die Beobachtung des erweiterten Netzes wurde einschließlich Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen von den Beobachtern der Zentralwasserversorgung Hochschwab Süd Ges.m.b.H. (Herrn Schwarzl und Holzer) mitübernommen, welche auch 8 der 12 Niederschlagsstationen dieses Gebietes betreuen.

Taf. 7: Quellbeobachtungsnetz Tragöß

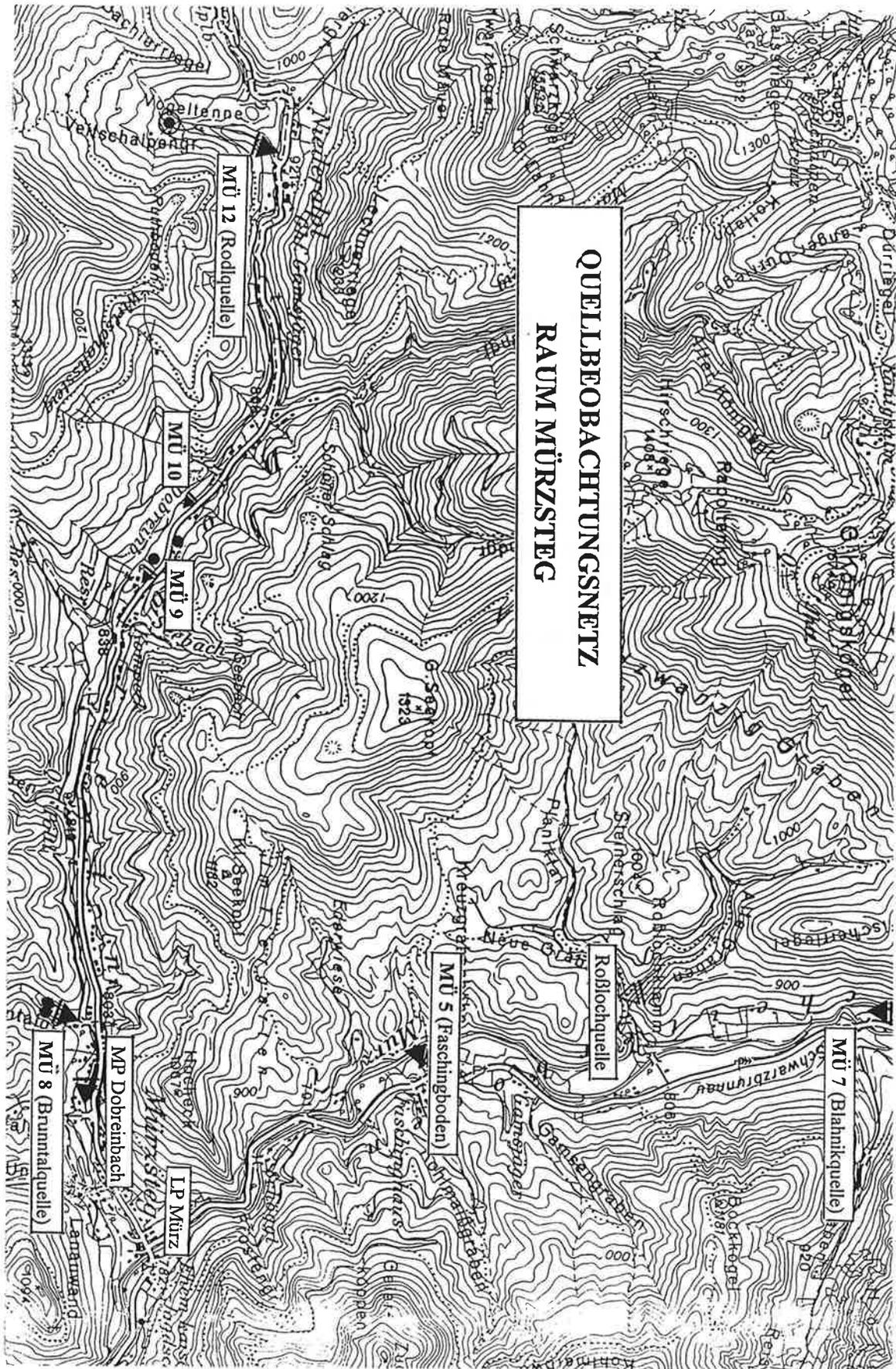


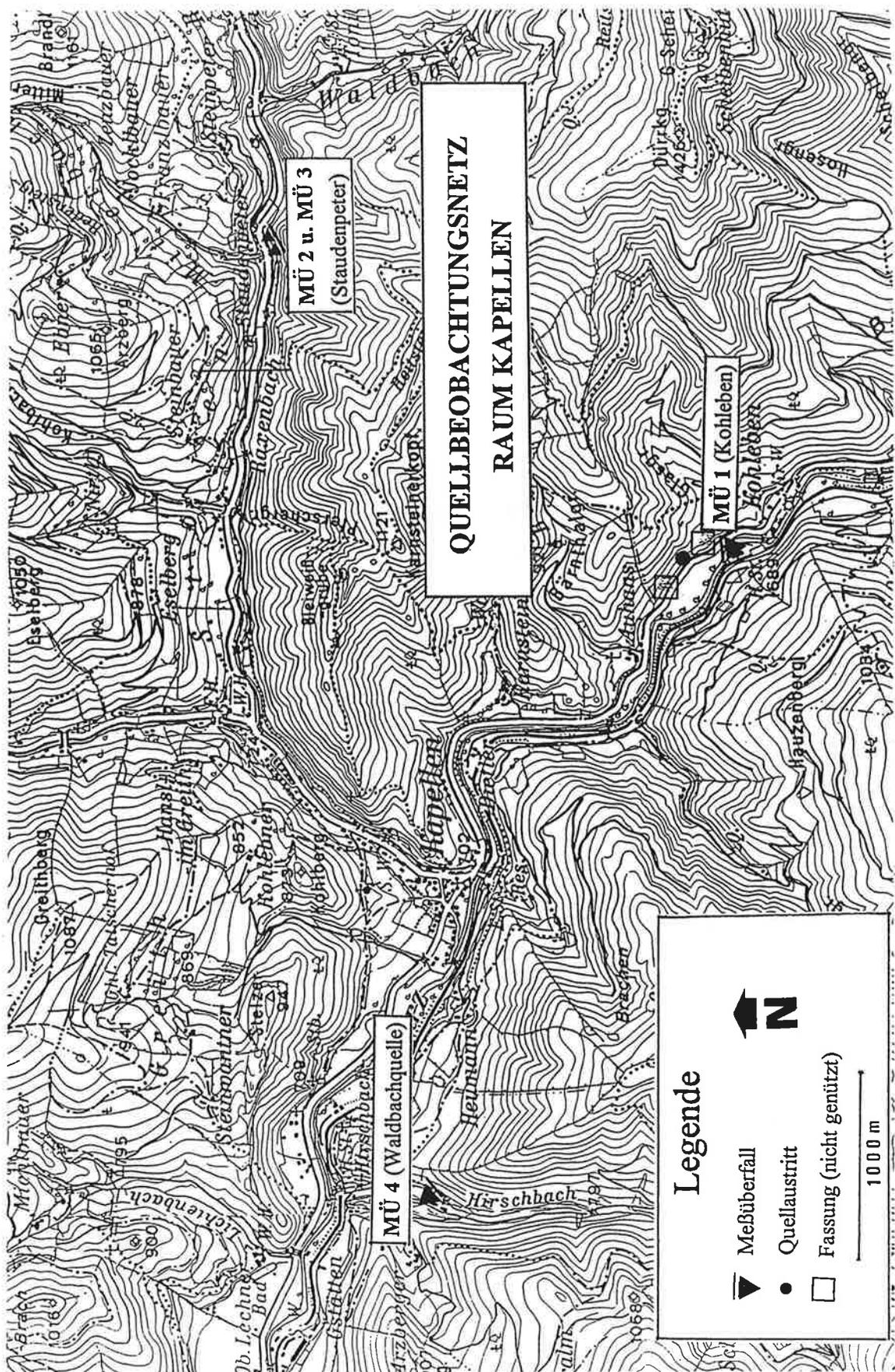
2.5.3 Oberes Mürztal

Im Zuge einer wasserwirtschaftlichen Untersuchung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung wurden 1981 im Oberen Mürztal zwischen Mürzzuschlag und Frein Quellerhebungen durchgeführt und 10 der erfaßten Quellen einer Dauerbeobachtung zugeführt. (Tafel 9 und Tafel 10). Weiters wurden durch die Stadt Wien (Wasserwerk) in Zusammenhang mit der Ableitung der Sieben Quellen und dem Bau des Wetterin-Stollens auch Beweissicherungsmessungen an Quellen durchgeführt.

1994 wurden die Meßstellen der "Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung" von der Hydrographie übernommen und die Meßwehre an den Quellen Kohleben (Mü 1), Raxenbach (Mü 2), Hirschbach (Mü 4), Blahnikquelle (Mü 7), Brunngraben (Mü 8) und Dobreintal (Mü 9) neu errichtet. Die wöchentlich zweimalige Ablesung durch örtliche Beobachter wurde an den Quellen Mü 4, Mü 5, Mü 6, Mü 8 und Mü 9 beibehalten, die übrigen Quellen werden von Bediensteten der Wiener Wasserwerke wöchentlich beobachtet.

Vom Beweissicherungsnetz der Wiener Wasserwerke wurde die seit 1978 beobachtete Roßloch- (Weißenbach-) Quelle übernommen und zu einer mit Datensammler ausgestatteten Meßanlage ausgebaut.





2.5.4 Einzelquellen

Zur Wahrung der Meßkontinuität wurden die Meßanlagen Höhenhansl (Projekt Kleineinzugsgebiet Pöllauerbucht) und Hammerquelle (Forschungsprojekt Lurbachsystem) vom Joanneum Research übernommen und mit Datensammlern ausgestattet. Die seit 1975 bestehende Meßstation an der Schwarzen Lacke (Wassermannsloch) am Erzbach wurde ebenfalls mit einem Datensammler ausgerüstet.

2.6 AUSBAUKONZEPT

Um den Ausbau des Beobachtungsnetzes für die nächste Dekade sicher zu stellen, wurde 1995 an das Bundesministerium für Land- u. Forstwirtschaft ein Antrag auf Erlassung einer Verordnung gemäß § 3 Abs.2 des Hydrographiegesetzes gestellt.

Von ursprünglich 76 aufgelisteten Quellen wurde der Antrag in Hinblick auf eine Ausgewogenheit im Österreichischen Bundesgebiet, innerhalb einzelner Flußgebiete wie auch hydrogeologische Einheiten einvernehmlich mit dem Hydrographischen Zentralbüro auf 36 Quellmeßstellen reduziert. Großteils handelt es sich um bekannte, teilweise auch um zeitweilig beobachtete Quellen.

In der anschließenden Auflistung wurde zum Teil von einer namentlichen Bezeichnung der für eine Beobachtung vorgesehenen Quellen abgesehen, wenn in diesem Teilgebiet mehrere Quellen auf ihre Eignung als Meßstelle untersucht werden sollten.

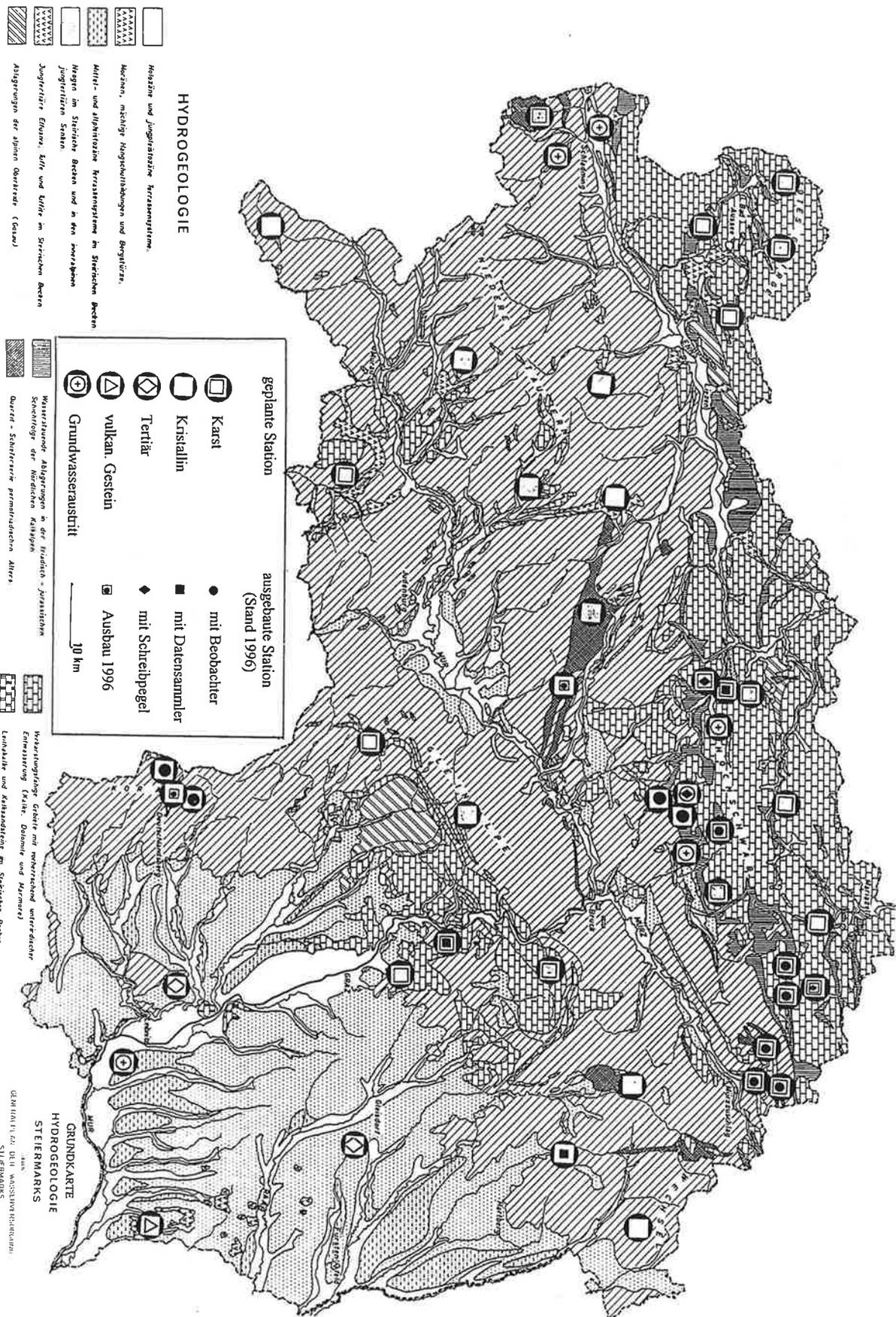
Grundsätzlich ist nach der Verordnung innerhalb eines Flußgebietes die Zahl der zu beobachtenden Quellen einzuhalten. Sollte sich eine der vorgesehenen Quellen aus verschiedenen Gründen (Fassung, Zufahrt u.a.m.) für eine Dauerbeobachtung als nicht geeignet erweisen, kann innerhalb eines Flußgebietes auch eine Ersatzquelle ausgebaut werden.

Die Gesamtzahl der für eine Verordnung nach dem Hydrographiegesetz beantragten Quellen ist letztlich auch auf die im nächsten Dezenium zu erwartenden finanziellen und personellen Möglichkeiten abgestimmt. In Koordination mit der Fachabt. Ia, Referat Gewässergüte ist beabsichtigt, die angeführten Quellen in das Gewässergütemeßprogramm aufzunehmen und wurden im Sommer 1995 entsprechende Erhebungen durchgeführt.

Liste der für eine Verordnung beantragten Quellen

Flußgebiet	Quelle/Gewässer
7 Traun	Riedlbachquelle /Kainisch Traun Vordernbachquelle /Grundlseetraun Kaltwasserquelle /Altaussee- Augstbach
8/1 Enns bis einschließlich Palten	Ursprungquelle /Preuneggbach Pichlmayrgutquellen /Ramsau-Enns Waldquelle /Unterthalbach Sagtümpel /Grimmingbach Quelle /Sölkbach Quelle /Paltenbach
8/2	Pfannbauerquelle /Aschbach Kräuterbrunnquelle /Salza Schwarze Lacke /Erzbach Brunnsattelquelle /Schwabelbach Grundwasserquelle /Seeaubach
13	Höhenhanslquelle /Saifenbach Finzenquelle /Raab Quelle /Wechselgeb. Quelle /Feistritz
14/1	Kohrquelle /Turrachbach Quelle /Liesingbach Hagenbachquelle /Liesingbach
14/2	Quelle /Lamingbach Aubachquelle /Ilgnerbach Pertlquelle /Feistringbach Roßlochquelle /Mürz Brunntalquelle /Dobreinbach Siebenquellen /Mürz Hirschgrabenquelle /Mürz Hammerbachquelle /Mur Plosquelle /Kainach Andritzursprung /Mur
14/3	Reihbachquelle /Schwarze Sulm Quelle /Sulm Quelle /(Tertiäres Riedlland)
15	Ursprungquelle /Olsabach

Tafel 11: Ausbauplan des Quellbeobachtungsnetzes der Steiermark



2.7 AUSWERTUNG

Um die Möglichkeiten einer EDV-unterstützten Auswertung zu nutzen, werden die Meßprotokolle der Beobachter und Kontrollorgane nach einer ersten Kontrolle in den PC eingegeben und die mehrfarbig ausgeploteten Ganglinien mit Hilfe vergleichbarer Quellen auf Plausibilität überprüft (Tafel 12). Eine wertvolle Hilfestellung bietet ein Vergleich mit Niederschlagsereignissen, Temperaturverlauf und kontinuierlichen Aufzeichnungen an Oberflächenwasser- und Grundwassermeßstellen.

Ein Vergleich der korrigierten, graphisch dargestellten Ganglinien gibt bereits nach kurzer Beobachtungszeit Hinweise darauf:

- welche Quellen miteinander vergleichbar, bzw. wieweit Werte korrigierbar sind
- bei welchen Quellen die Meßintervalle zu ändern sind
- welche Quellen für eine Dauerbeobachtung geeignet sind und
- welche Quellen für eine Beobachtung als nicht geeignet auszuschneiden sind

Erst nach mehrjähriger Beobachtungszeit läßt sich das Spektrum der Aussagen auf hydrologische Grunddaten wie

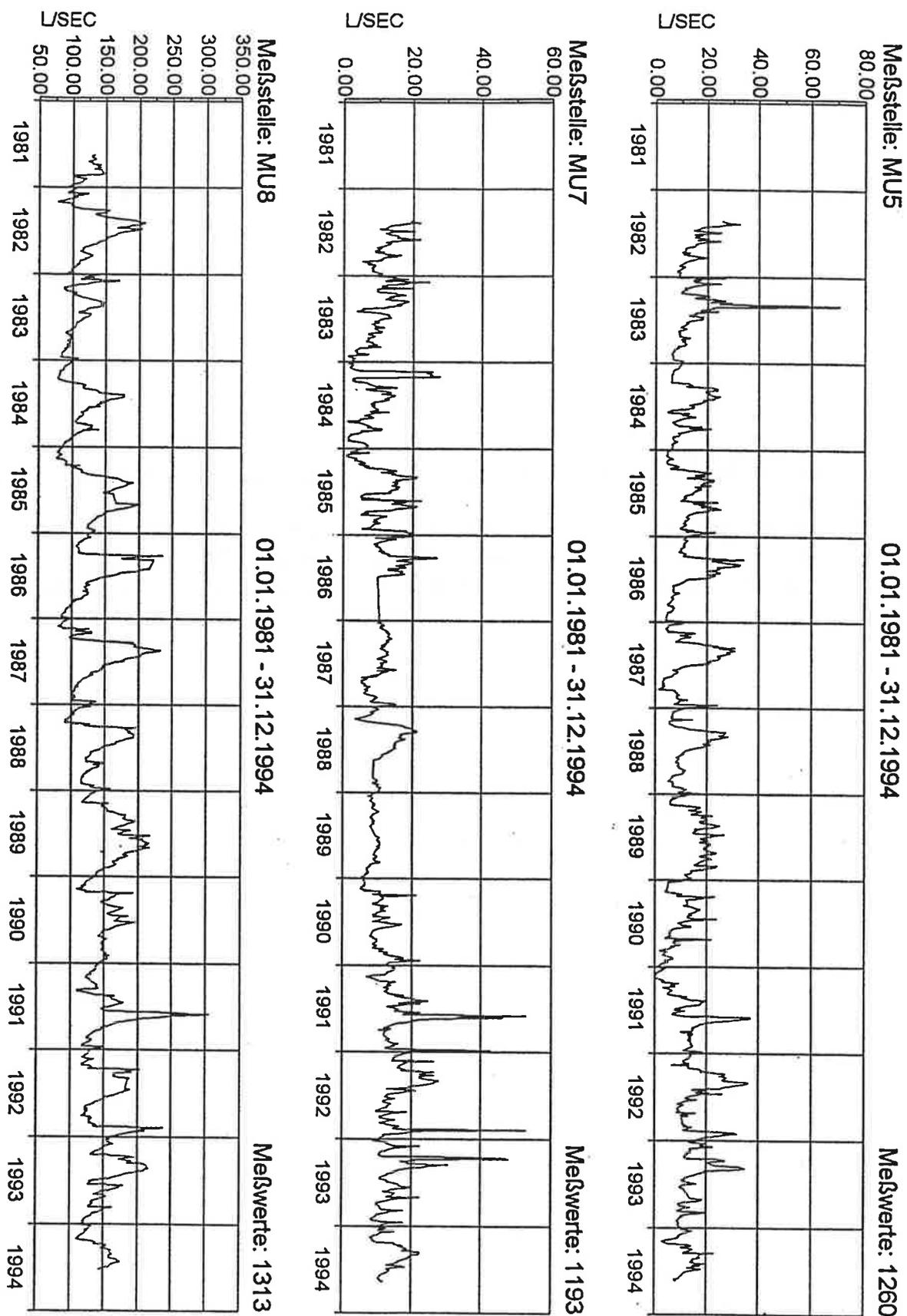
- Monats- und Jahresmittel
- Schwankungsbereich und Extremwerte
- Dauerlinien

erweitern. Man muß sich jedoch bewußt sein, daß diese Werte ohne kontinuierliche Dauerbeobachtung nur in ihrer Größenordnung erfaßbar sind.

Für die Beurteilung von Quellen wesentliche Aussagen ergeben sich aus der Erfassung der zeitlichen Komponente, weshalb grundsätzlich ein möglichst eng gestaffeltes Meßintervall anzustreben wäre.

So ergeben sich aus der Reaktionszeit der Quellen auf Niederschläge bzw. Tauwetter, auf Schwankungen der Temperatur, aus den Auslaufkurven bzw. dem Trockenwetterabfluß wesentliche Hinweise auf die Speicherfähigkeit des jeweiligen geologischen Untergrundes.

Taf. 12: Meßstellen MÜ6, MÜ7, MÜ8 (Oberes Mürztal); Vergleichende Ganglinien der Quellschüttung der Jahre 1981 - 1994



Eine echte Vergleichsmöglichkeit zwischen Quellen ist nur dort gegeben, wo das hydrographische Einzugsgebiet bekannt ist und die gebietsbezogene Abflußspende ($l/s.km^2$) berechnet werden kann. Dies ist jedoch nur im Bereich wasserstauer Gesteine und unter idealen Voraussetzungen möglich, was auch bei der Auswahl von Quellen zu berücksichtigen ist. Kalkalpine Bereiche sind, sofern nicht der Gesamtabfluß eines geschlossenen Bereiches wie z.B. des südlichen Hochschwabgebietes erfaßbar ist, für die Berechnung der Abflußspenden nicht geeignet und kann daher nur (auch durch Einsatz anderer Hilfsmittel wie Tracer, Isotopen, chemischer Parameter, Geologie) auf Größe und räumliche Lage des Einzugsgebietes rückgeschlossen werden.

Seitens des Hydrographischen Zentralbüros wurden für die Datenbearbeitung und Datenspeicherung innerhalb der Hydrographischen Datenbank (HD BMS = Hydrographisches Datenbankmanagement) Programmmodule der Fa. aqua plan (aquasis = Meßstellenübersicht, aquavit = Zeitreihenvisualisierung und impquell = vorläufiges Datenaustauschformat - Import) vorgesehen.

2.8 ERSTE ERFAHRUNGEN MIT DATENSAMMLERN

In der Quellhydrologie zum Einsatz kommende Datensammler sollten in der Lage sein, gleichzeitig mehrere Parameter kontinuierlich über einen längeren Zeitraum, mindestens jedoch ein Monat zu erfassen.

In erster Linie sind die Grundparameter Wasserstand, Temperatur, Leitfähigkeit und vornehmlich bei Karstquellen auch die Trübe, von Interesse.

Datensammler kommen vor allem bei Quellen zum Einsatz, die wegen starker Schüttungsschwankungen, ihrer Erreichbarkeit oder auch wegen ihrer Bedeutung mit zyklischen Einzelmessungen nicht ausreichend erfaßt werden können, oder innerhalb eines Beobachtungsnetzes als "Basisquelle" herangezogen werden sollen.

Auf Grund der hohen Kosten und des Betreuungsaufwandes ist die Auswahl sehr überlegt zu treffen und ist insbesondere hinsichtlich der Trübemessung

ein Probelauf von Vorteil. Letztlich ist von der Realität der Meßergebnisse her eine möglichst hohe Zahl von Datensammlern anzustreben.

In der Steiermark konnten bisher 3 Stationen mit Datensammlern ausgestattet werden.

Es sind dies die Stationen

- Höhenhansl (Pöllauer Bucht, Safen)
- Hammerbach (Lurbach-Mur)
- Wassermannsloch (Schwarze Lacke, Erzbach)

Aus den verschiedenen Datensammlersystemen wurde der Datensammler GE-ALOG-S der Firmen AEG - LOGOTRONIC ausgewählt. Ausschlaggebend hierfür waren die langjährigen positiven Erfahrungen des Institutes für Hydrogeologie und Geothermie, JOANNEUM RESEARCH mit dem Meßsystem.

An den drei Quellmeßstellen erfolgt eine Registrierung des Wasserstandes mittels Drucksonde (PDCR 830), bzw. der elektrischen Leitfähigkeit und der Wassertemperatur mittels WTW-Leitfähigkeit- und Temperatursonde. An den Karstquellen Hammerbach und Wassermannloch kommt zusätzlich ein Trübungssensor CUS1 zum Einsatz.

Die Energieversorgung der Datensammler erfolgt über wiederaufladbare Batterien, die im Zuge der Kontrollmessungen ausgewechselt werden oder über das örtliche Stromnetz. Da das Wartungsintervall der Datensammler weitgehend von der Ladekapazität der Bleiakkus bestimmt wird und weniger von der Speicherkapazität des Datensammlers, ist nach Möglichkeit ein Anschluß an das örtliche Stromnetz oder ein Solarbetrieb anzustreben.

Die Aufzeichnung der Parameter erfolgt in fünfminütigen oder fünfzehnminütigen Intervallen. Bei derart hochauflösenden zeitlichen Messungen mehrerer Parameter, fällt eine große Menge an Daten an, die aufbereitet, verwaltet und gesichert werden müssen. J. FANK, (1993) zeigt für die Speicherung und Evidenzhaltung dieser Daten Algorithmen, die die ereignisbezogenen Datenreduktion und die möglichst fehlerfreie Rückinterpolation in einen engen Zeitraster ermöglichen.

Die Datensammler werden in einem 4 bis 6 wöchigen Intervall gewartet. Im Zuge der Wartungsarbeiten werden die Meßsonden gereinigt, die Bleiakkus gewechselt und die Meßdaten mittels Laptop ausgelesen. Gleichzeitig werden die Datensammlerwerte mit Kontrollmessungen der Leitfähigkeit und Temperatur mittels WTW-Handmeßgerät und Ablesungen auf den Pegellatten bzw. Eichabflußmessungen verglichen. Die Abflußmessungen erfolgen durch Kübelmessungen oder durch die Tracerverdünnungsmethode nach dem Integrationsverfahren, wobei Kochsalz als Indikator verwendet wird. Zur Kontrolle der Trübungswerte vor Ort ist die Anschaffung eines BTG-Handeichgerätes geplant.

Die Erfahrungen im Meßeinsatz zeigten die Notwendigkeit einer regelmäßigen Betreuung, sowohl was Service, Beobachtung und Ausleseintervall betrifft.

Unumgänglich für die Kontrolle der Datensammler ist ein besonders geschultes Personal, das die Funktionstüchtigkeit des Datensammlers überprüft und die Kontrollmessungen durchführt.

Zur Vorbeugung gegen Blitzschlag werden die Sonden in Edelstahlschläuche oder Eisenrohre eingebettet. Durch Erdung des Edelstahlschlauches oder Eisenrohres und des Datensammlers kann ein perfekter Überspannungsschutz erreicht werden. Insbesondere für Leitfähigkeitsmessungen ist diese Einbaumethode empfehlenswert. Weiters werden die Sonden dadurch vor mechanischen Beschädigungen geschützt und der Ein- und Ausbau der Sonde zu Reinigungszwecken etc. erleichtert.

Bei entsprechender Wartung der Druck- und Leitfähigkeit/Temperatursonden erreichen die aufgezeichneten Meßdaten einen sehr hohen Standard. Während der einzelnen Beobachtungszeiträume konnte ein Driftverhalten der Sonden nicht festgestellt werden.

Ein Vergleich der Drucksondenregistrierungen mit den Aufzeichnungen eines Schwimmerschreibers zeigt ein rascheres Reagieren der Drucksonde auf Abflußereignisse und eine bessere Erfassung des Schwankungsbereiches der Abflüsse.

Noch keine befriedigenden Meßergebnisse liefern derzeit die Trübungsmessungen. Die verwendeten Meßsonden stammen aus der Abwassertechnik und sind in ihrer Meßgenauigkeit auf höhere Trübungswerte ausgerichtet. Bei Werten zwischen 0 TEF und 20 TEF, wie sie vorwiegend im Quellwasser vorhanden sind, werden keine verwertbaren Ergebnisse erreicht, hier ist das "Rauschen" der Meßwerte sehr stark.

Die Eichung der Trübungssonden ist äußerst problematisch und erfolgt durch die Firma LOGOTRONIC mit Hilfe eines Laborgerätes vor Ort.

Die dabei verwendete Eichflüssigkeit Formazin ist hochgiftig. So können, u.a. schon bei Hautkontakt die Erbsubstanzen geschädigt werden. Alternative Eichmöglichkeiten vor Ort werden derzeit getestet, wie z.B. die Verwendung von Dispersionsfarbstoffen für die Kalibrierung im Gelände und für Kontrollmessungen.

Brunntalquelle (MÜ 8)



Abb. 3/1



Abb. 3/2

Taf. 13: Quellbeobachtung – Stammblatt

Quelle:	Nr.	örtl. Bezeichnung	Flußgebiet	
	MÜ 8	<i>Brunntalquelle</i>	A: <i>Mur</i>	B: <i>Mürz</i>
			C: <i>Dobreinbach</i>	
Gemeinde	Grundstück/KG	Eigentümer		
<i>Mürzsteg</i>				
Höhe	Koordinaten	Ö.-Karte Nr.	gefaßt/ ungefaßt	
<i>820 m</i>	<i>x = 281700 y = 685710</i>	<i>103</i>	<i>ungefaßt</i>	

Meßeinrichtungen:	<i>Meßüberfall mit Seitenkontraktion (Lage: x = 281810 y = 685720)</i> <i>Überfallsbreite: 1,08 m ab 1.12.1994 1.10 m + 0.10 m</i>
Beobachtungsbeginn:	<i>17.08.1981</i>
Beobachtungsintervall:	<i>2 mal wöchentlich</i>
Beobachter/ Anschrift:	<i>Karl Hofer</i> <i>Dobrein 52</i> <i>8693 Mürzsteg</i>

Geologie/ Quelltyp:	<i>Überfallquelle, Einzugsgebiet Hohe Veitsch</i> <i>Schwelle: Werfener Schiefer</i>
Art des Quellaustrittes, Lage der Meßstelle zum Quellaustritt:	<i>breitfächriges Quellgebiet, 2 Hauptaustritte</i> <i>Meßstelle ca. 120 m vom Quellaustritt entfernt</i>
Morphologie:	<i>Quellaustritte am Ausgang eines Trockentales</i>
Mittlere Höhe des Einzugsgebietes:	
Fläche des Einzugsgebietes:	
Bewuchs:	<i>Wald, Karstgebiet</i>
Sonstiges:	

2.9 ARCHIVIERUNG

Bis zur Einbindung in einen einheitlichen, österreichweiten Quellkataster, wie er seitens des Hydrographischen Zentralbüros angestrebt wird (G. VÖLKL und F. PRAMBERGER 1991) wird für jedes Beobachtungsgebiet ein Ordner mit Grunddaten angelegt.

Dieser enthält für jede Meßstelle

- einen Lageplan 1:10000, soweit bekannt mit Abgrenzung des hydrologischen Einzugsgebietes
- eine Fotodokumentation der Meßanlage bzw. baulicher Veränderungen (Abb. 3)
- ein Stamblatt mit sämtlichen die Meßstelle betreffenden Daten (Beilage) (Tafel 13)

Bei der Übernahme bestehender Beobachtungsnetze wurde neben der örtlichen Bezeichnung

des Quellaustrittes meist auch die Kurzbezeichnung der Meßstelle übernommen.

Diese besteht in der Regel aus den ersten beiden Buchstaben des Flußgebietes und einer durchlaufenden Numerierung.

Die von den Beobachtern eingegangenen Datenblätter werden nach Bearbeitung in einem weiteren Ordner abgelegt.

Darüber hinaus sind die laufend eingegebenen Daten auf Festplatte gespeichert und jeder Zeit abrufbar bzw. über Grafik und Statistikprogramme in der gewünschten Form reproduzierbar.

2.10 LITERATURVERZEICHNIS

- BAUER, F.: Quellwasserführung in Karstgebieten (Untersuchungsergebnisse aus dem Dachsteingebiet). - Österreichische Wasserwirtschaft, Jahrgang 1958, Wien 1958.
- BAUER, F.: Entwurf zur Erstellung eines Karstquellenkatasters. - Speläologisches Institut beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Zl. 237-63/66, Wien 1963, Unveröffentlicht.
- BAUER, F.: Karsthydrologische Untersuchungen im Schneealpenstollen in den steirisch-niederösterreichischen Kalkalpen. - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Graz 1969.
- BERNHART, L., HÜBL, E., SCHUBERT, E., FABIANI, E., ZETINIGG, H., ZOJER, H., NEMECEK, E.P., KAUCH, E.P.: Grundlagen für wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 57, Graz 1981.
- BRANDL, W.: Hydrogeologische Studie vom Gebiet des Ringkogels bei Hartberg. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 3, Graz 1950.
- BRANDL, W. und SCHMID, R.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Gemeindegebiet Floing, Bezirk Weiz. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 5, Graz 1951.
- BRANDL, W.: Die Quellen der Wasserleitung von Hartberg am Ringkogel. - Beiträge zur einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 6, Graz 1953.
- FABIANI, E.: Richtlinien für Quellaufnahmen. - Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Landesbaudirektion, Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, unveröffentlicht, Graz 1971.
- FLÜGEL, H.: Die hydrogeologischen Verhältnisse zwischen Rein und St. Oswald. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Graz, Heft 3.
- FLÜGEL, H.: Die hydrogeologischen Verhältnisse der Platte bei Graz. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 5, Graz 1951.
- FLÜGEL, H.: Die Quellen des Hunds- und Rauchenberges zwischen Passail und Arzberg. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 6, Graz 1953.
- FUCHS, G.: Der Karst am Ostufer der Weizklamm. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 65, Graz 1983.
- HACKER, P.: Karsthydrologische Untersuchungen im Weizer Bergland. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 71, Graz 1991.
- HAUSER, A.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Becken von Rein bei Gratwein. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 2, Graz 1949.
- HAUSER, A. und NEUWIRTH, E.: Die hydrogeologischen Verhältnisse in der Umgebung der Klosterneuburgerhütte (Wölzer Tauern). - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 1, Graz 1949.
- HYDROGRAPHIEGESETZ: Bundesgesetz, BGBl. Nr. 58/1979, vom 25. Jänner 1979, über die Erhebung des Wasserkreislaufes (Hydrographiegesetz 1979).
- Bundesgesetz, BGBl. Nr. 317/1987 vom 26. Juli 1987, mit dem das Hydrographiegesetz geändert wird (Hydrographiegesetznovelle 1987).
- Wasserrechtsnovelle 1990 (BGBl. Nr. 252/1990) Artikel II. Änderung des Hydrographiegesetzes
- KOLLMANN, W.: Hydrogeologische Untersuchungen in den nördlichen Gesäusebergen. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 66, Graz 1983.
- MAURIN, V. und ZÖTL, J.: Der Andritzursprung; Meßergebnisse zur Charakteristik einer großen Karstquelle am Stadtrand von Graz. - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Graz 1972.

- MAURIN, V. und ZÖTL, J.: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, Heft 2, Graz 1959.
- NEUWIRTH, E.: Hydrogeologische Aufnahme Plesch-Pfaffenkogel. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 2, Graz 1949.
- STADLER, H.: Karsthydrologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Mixnitzbaches. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 74, Graz 1993.
- THURNER, A.: Hydrogeologie. - Springer Wien-New York, 1967.
- VÖLKL, G. und PRAMBERGER, F.: Überlegungen für einen Quellkataster als Teil eines Gesamtösterreichischen Grundwasserkatasters aus Sicht der Hydrographie. - Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 64, Wien 1991.
- WORSCH: Hydrogeologische Studien im Gradental bei Seckau. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 2, 1949, Heft 3, 1950), Heft 4, Graz 1950.
- ZETINIGG, H., GRIEßLER, W., UNTERSWEIG, Th., WEISSENSTEINER, V.: Die Quellen des Schöckelgebietes. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 60, Graz 1982.
- ZETINIGG, H.: Die nutzbaren Wasservorkommen der Steiermark. - Steiermark-Information 8, Landesbaudirektion, Graz, 1988.
- ZÖTL, J.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Becken von Thal bei Graz. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 7, Graz 1954.
- ZÖTL, J.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet des Tobelbaches bei Graz. - Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks, Heft 7, Graz 1954.
- ZÖTL, J.: Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes. - Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, N.F. Heft 2, Graz 1961.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ernst Fabiani
 Amt der Steiermärkischen Landesregierung
 Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft
 Hydrographische Landesabteilung
 Stempfergasse 7
 8010 Graz

3 HYDROGEOLOGISCHE ASPEKTE EINER SYSTEMATISCHEN QUELLBEOBACH- TUNG

Inhaltsverzeichnis

- 3.1 Beeinflussende Faktoren
- 3.2 Hydrogeologische Auswahlkriterien für eine systematische Quellbeobachtung
- 3.3 Auswahlkriterien für die Steiermark
 - 3.3.1. Organische Sedimente
 - 3.3.2. Lockersedimente des Quartärs und Holozäns
 - 3.3.2.1 Wasserdurchlässige Sedimente
 - 3.3.2.2. Wasserstauende Sedimente
 - 3.3.3. Sedimente des Tertiärs
 - 3.3.4. Verwitterungsschichten, Böden
 - 3.3.5. Wasserstauende Gesteine mit unterschiedlicher Wasserführung über Trennfugen und Verwitterungsschichten
 - 3.3.5.1. Wasserstauende Gesteine mit überwiegend oberflächen naher Wasserführung
 - 3.3.5.2. Wasserstauende Gesteine mit unterschiedlicher bis erhöhter Klüftigkeit
 - 3.3.6. Spröde Festgesteine mit intensiver Zerbrechung und teils reichlicher Wasserführung
 - 3.3.6.1. Wasserlösliche Karbonatgesteine
 - 3.3.6.2. Beschränkt wasserlösliche Karbonatgesteine
 - 3.3.6.3. Nicht wasserlösliche Festgesteine
 - 3.3.7. Chemische Eigenschaften
- 3.4 Literaturverzeichnis

3.1 BEEINFLUSSENDE FAKTOREN

Quellen sind von allen Teilbereichen des Wasserkreislaufes mit der größten Individualität behaftet und am schwierigsten in eine Systematik einzuordnen.

Kein Teil des Wasserkreislaufes kann von so vielen, gleichzeitig wirksamen Faktoren beeinflusst werden, wie Quellen. Jeder Versuch einer systematischen Erfassung von Quellen setzt eine Kenntnis wie auch Zusammenschau dieser Faktoren voraus, wobei zwischen stabilen, variablen und anthropogenen Faktoren zu unterscheiden ist:

stabile Faktoren: Geologie, Morphologie, Exposition und Höhe

variable Faktoren: Niederschlag, Temperatur, Verdunstung, Windeinfluß, Vegetation

anthropogene Faktoren: Ableitungen, Unterbrechung von Wasserwegen, Bewirtschaftung

Wesentlich ist es, zu berücksichtigen, daß stets mehrere Faktoren gleichzeitig wirksam werden.

So steht z.B. die Zeitdauer zwischen Niederschlagsereignis und Wiederaustritt (Verweildauer) in Abhängigkeit von Art des Niederschlages (Regen, Schnee), Boden (Speicherkapazität, Durchlässigkeit), geologischem Untergrund (Wasserwegigkeit, Speichervermögen) und Morphologie (Potential). Das Verhältnis zwischen der Menge des im Einzugsgebiet gefallenen Niederschlages und dem Zuwachs im unterirdischen Speicher bzw. späterem Wiederaustritt hängt wieder von der Art des Ereignisses (Dauer, Intensität), Temperatur (Verdunstung, Niederschlagsform), Wind (Verdunstung, Verfrachtung), Vegetation (Interception, Verbrauch), Boden (Aufnahmefähigkeit, Speicherung, Grad der Sättigung) ab.

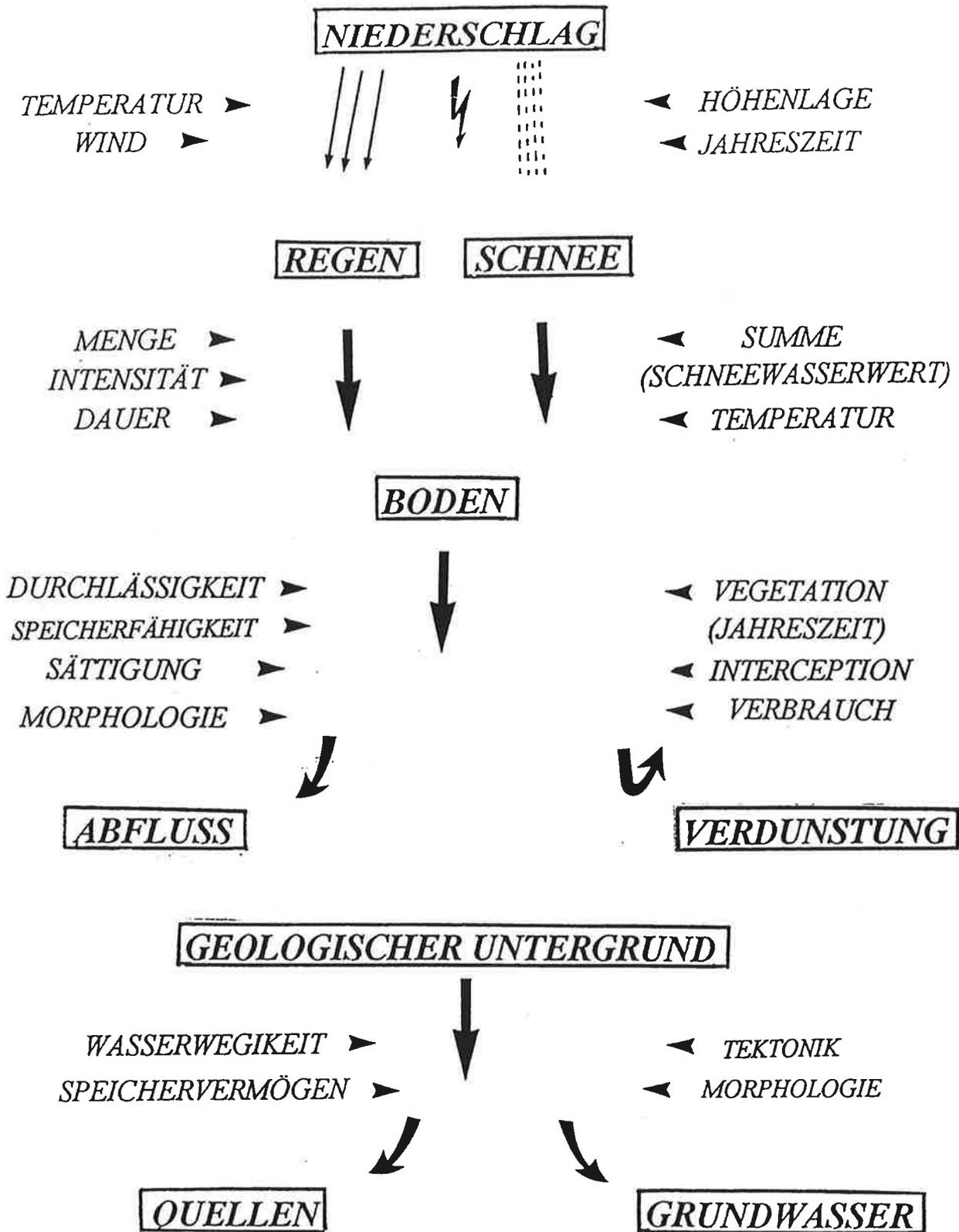
Letztlich sind hinsichtlich Verteilung der flächenhaft einsickernden Niederschlagswässer zum Quellaustritt und der Abgrenzung der Einzugsgebiete sowohl die Morphologie als auch die Geologie zu berücksichtigen.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten beeinflussenden Faktoren wird in der anschließenden tabellarischen Übersicht und Darstellung versucht (Tabelle 1/Abbildung 1).

Tab. 1: Beeinflussende Faktoren

Faktoren	stabil (st) variabel (va)	Art der Beeinflussung
<i>Niederschlag</i>	<i>va</i>	<i>flüssig, fest, Dauer, Intensität</i>
<i>Vorbelastungen va grad</i>		<i>Füllgrad von Speichervolumina, Sättigungs- von Porenvolumina</i>
<i>Boden</i>	<i>st</i>	<i>Durchlässigkeit, Speicherfähigkeit</i>
<i>Morphologie</i>	<i>st</i>	<i>Versickerung bzw. Abfluß in Abhängigkeit von Oberflächenform, Zerschneidungsdichte</i>
<i>Geologie</i>	<i>st</i>	<i>Wasserwegigkeit und Speicherfähigkeit in Ab- hängigkeit von Klüftung, Schichtung, Mächt- keit, Lösbarkeit, Porosität, Tektonik, Mor- phologie, qual. Beeinflussung</i>
<i>Exposition</i>	<i>st</i>	<i>Sonneneinstrahlung, Luv, Lee, Schneelage</i>
<i>Vegetation</i>	<i>va</i>	<i>Jahreszeitlicher Einfluß von Interception, Ver- brauch d. Pflanzen, Rückhalt</i>
<i>Temperatur Eis,</i>	<i>va</i>	<i>In Abhängigkeit von Jahresgang und Höhen- lage durch Speicherung durch Schnee und Bodenfrost, Verdunstung, Einfl. auf Vegetation</i>
<i>Wind</i>	<i>va</i>	<i>Verdunstung, Verfrachtung</i>
<i>anthropogene Faktoren</i>	<i>va teils st</i>	<i>Land- und Forstwirtschaft Straßen- u. Wegebau, Ableitungen Bewirtschaftung, qualitative Beeinflussung</i>

Abb.1: Beeinflussende Faktoren



3.2 HYDROGEOLOGISCHE AUSWAHLKRITERIEN FÜR EINE SYSTEMATISCHE QUELLBEOBACHTUNG

Von der Vielzahl der Faktoren, die das "Individuum" Quelle prägen, ist der geologische Untergrund einer der wichtigsten. Für jede Beurteilung einer Quelle sind daher Kenntnisse über die Untergrundverhältnisse unverzichtbar. In Abhängigkeit vom Gesteinstyp zu beurteilende hydrogeologische Eigenschaften sind:

<ul style="list-style-type: none"> • Aufnahmefähigkeit • Wasserwegigkeit • Speichervermögen • Seihfähigkeit (Filtration) 	<p>in Abhängigkeit von</p>	<ul style="list-style-type: none"> • nutzbarem Porenvolumen • Klüftung (Kluftdichte, Kluffweite, Vernetzung, Reichweite, Tiefgang) • durch Lösung erweiterten Wasserwegen (Schläuche, Höhlen) • Spalten • Absonderungsflächen • Schieferungsflächen • Schicht- und Bankungsflächen • Verwitterungszone • Böden
--	----------------------------	---

Diese Eigenschaften stehen wieder in engem Zusammenhang mit

- **Genese**

- Gesteinsart und hydrogeologische Eigenschaften in Abhängigkeit von den Ablagerungsbedingungen (mechanische, chemische, organische Sedimente, Tiefsee, Flachsee, terrestrisch, Schichtung, Bankung)
- Paläoklimatischen Bedingungen (Kaltzeit - Warmzeit, mechanische, chemische Aufbereitung - Grobkorn - Feinkorn), der
- chemisch-mineralogischen Zusammensetzung (Anteile an Quarz, Feldspat, Glimmer, Kalk, Tonmineralien etc.) und
- endogenen Vorgängen (Plutonismus, Vulkanismus, Hebung, Senkung, Metamorphose, Abkühlung etc.)

- **Verfestigung - Starrheit des Gesteinskörpers**
- in Verbindung mit diagenetischen Vorgängen und Metamorphose (Einwirkungen von Druck und Temperatur, chemische Vorgänge, Änderungen des Mineralbestandes, Zuheilen von Klüften, Zeitfaktor)
- **Tektonischer Beanspruchung**
- Verformung (Faltenbau, Kippung, Hebung, Senkung)
- Zerbrechung (Klüfte, Spalten, Störungen, Brüche)
- Entspannung (Bergzerreissung)
- **Exogenen Kräften**
- mechanische Zersetzung (Verwitterung)
- Erosion, Sedimentation, (Absetzung in Klüften)
- chemische Zersetzung (Lösung, Bodenbildung)

Es wäre mit Sicherheit nicht zielführend, die hydrogeologischen Eigenschaften verschiedener Gesteinsarten in ein starres Schema pressen zu wollen. Dazu spielt die oft recht unterschiedliche Dominanz verschiedenster Faktoren eine zu große Rolle.

Dennoch zeichnen sich für verschiedene, großflächig auftretende Gesteinsarten aus deren Mineralbestand und Entstehungsgeschichte gewisse Charakteristika ab. Es ist daher von hydrogeologischer Seite her zu überlegen, wieweit diese eine für eine systematische Quellbeobachtung anwendbare Bandbreite abdecken.

In nachstehender Übersicht (Tabelle 2) wird versucht, wichtigen, flächig auftretenden Gesteinsarten charakteristische, hydrogeologische Eigenschaften zuzuordnen. Im Sinne einer Vereinfachung wird zwischen Lockersedimenten, verfestigten Sedimenten, mehr oder weniger verformbaren und spröden Festgesteinen, bei letzteren zwischen wasserlöslichen und nicht löslichen, unterschieden.

Ist bei Lockersedimenten die Kornverteilung, insbesondere der Anteil an Feinsedimenten, für Wasserwegigkeit, Speichervermögen und Seihvermögen verantwortlich, ist es bei Festgesteinen vor allem die Sprödeheit des Gesteinskörpers.

Tab. 2 Hydrogeologische Eigenschaften wichtiger Gesteinstypen (bezogen auf den ungestörten Bereich)				
Sedimenttyp	Beispiele	Hydrogeologische Eigenschaften	Porenvolumen, Durchlässigkeit	Häufigste Quellentypen
1) Organische Sedimente				
	Torf, Moore	sehr hohe Wasseraufnahme und Speichervermögen, langsame Abgabe, qualitativ minderwertige Wasser	großes Gesamtvolumen, geringes nutzbares Porenvolumen	Sumpfsquellen
2) Lockersedimente (Was				
feinklastische Sedimente (Tone, Schluffe, Lehme)	Feinsedimente des Tertiär (marine Tegel, Mergel, Tone), des Quartär (Geschiebelehne, Seetone, äolische Staublehne) Gehängelehme, Verwitterungslehme, Aulehne, Kolluvien)	sehr langsame Wasseraufnahme und Abgabe bei hoher Speicherkapazität, schlechte Wasserwegigkeit, wasserstauend	großes Gesamtporenvolumen (42 - 87 %), sehr geringes nutzbares Porenvolumen; kf=10-10 bis 10-6 m/s	Sedimente: Naßgallen; Vernässungen ; Stau-schichte: Schichtgrenzquellen; Deckschichte: Wallerquellen, Vernässungen
gemischtkörnige Lockersedimente (Sande, Kiese, Schotter, Schutt)	fluviatile, fluvloglaziale, periglaziale und glaziale Sedimente, Verwitterungsschutt, Hangschutt	je nach Feinanteil Wasseraufnahmefähigkeit, Speichervermögen und Wasserabgabe (gut bis mäßig), meist gutes Seihvermögen und gute Wasserwegigkeit	Gesamtporenvolumen 35 - 42 %, nutzbares Porenvolumen 12 - 25 %; kf=10-4 bis 10-2 m/s	Grundwasserquellen, Schuttquellen, Moränenschuttquellen
grobklastische Lockersedimente	Schuttkegel, Wildbachschutt, Gehängeschutt, Blockhalden, Bergstürze	sehr gute Wasseraufnahmefähigkeit, schlechte Speicherung, rasche Abgabe, schlechte Seihung, gute Wasserwegigkeit	je nach Zwischenmittelgehalt unterschiedlich; kf=10-3 bis 10-1 m/s	Schuttquellen
verfestigte Locker-sedimente mit nutzbarem Porenvolumen	grobkörnige Sandsteine, gering verfestigte Konglomerate, Tuffe	je nach Kornaufbau, Verfestigung (Alter) Wasserspeicherung und -abgabe über Poren und Klüfte und Bankungsfugen	das nutzbare Porenvolumen wird mit <10 bis >20 % angegeben	Kluftquellen, Überlaufquellen, Schichtquellen
3) Wasserstauende Wasserstauende Festgestein				
3) Wasserstauende Festgesteine mit Ve				
		Je nach Feinkornanteil, Verfestigung und tektonischer Beanspruchung stark unterschiedliche Klüftung und Wasserführung.		
verfestigte Lockersedimente	Tonschiefer, Mergel, Sandsteine, Grauwacken, Konglomerate, Brekzien	Tonige Gesteine: engständig, seicht, verschmiert;	Tonschiefer, Mergel: tonig, wasserstauend, tiefgründig; Sandsteine, Konglomerate: sandig, durchlässig	Mergel, Tonschiefer: Naßgallen, Vernässungen bzw. Schichtgrenz- und Überlaufquellen Sandsteine, Konglomerate: Kluftquellen, Schichtquellen
verformbare gering metamorphe Gesteine (Kristallin)	Schiefer i.A., Phyllite, Glimmerschiefer	eng- bis weitstehende Klüftung mit geringem Tiefgang, häufig durch Zersetzungsprodukte verschlossen. Meist nur seichtliegende Wasserbewegung und Speicherung (Aufwitterungszone)	intensive Zersetzung, tiefgründige, lehmige Verwitterung mit guter Speicherung und Seihung	Schuttquellen, Vernässungen, unergiebige Kluftquellen
höher metamorphe Festgesteine des Kristallins	Gneise i.a., Amphibolite	Plattige bis blockige Zerbrechung, Klüftung in Abhängigkeit von Starrheit (Quarz-Feldspatgehalt) und Tektonik, teils jedoch durch Zersetzungsprodukte verschlossen, geringe Wasserwegigkeit (meist gut entwickelte Hauptklüftung)	tiefgründig (insbes. tertiäre Reliktböden) in Abhängigkeit von Glimmer- bzw. Feldspat- und Quarzgehalt, lehmig bis sandig	Schuttquellen, wenig ergiebige Kluftquellen
metamorphe Erstarrungsgesteine	Porphyroide, Diabase, Serpentinite	Plattige bis blockige Zerbrechung, Klüftung in Abhängigkeit von Starrheit (Quarz-Feldspatgehalt) und Tektonik, teils jedoch durch Zersetzungsprodukte verschlossen, geringe Wasserwegigkeit (meist gut entwickelte Hauptklüftung)	tiefgründig (insbes. tertiäre Reliktböden) in Abhängigkeit von Glimmer- bzw. Feldspat- und Quarzgehalt, lehmig bis sandig	Schuttquellen, wenig ergiebige Kluftquellen
Vulkanite (Ergußgesteine)	Basalte, Trachyte, Andesite	infolge rascher Abkühlung bei jungem Vulkanismus in Oberflächennähe oft intensive Klüftung; Absonderungsfugen in Säulenform, gebankt oder blockig, intensive Klüftung auch nahe Grenzflächen, Wasserwegigkeit und Speicherung in Abhängigkeit von Vernetzung	lehmige, die Aufwitterungszone durchsetzende Verwitterung	Kluftquellen, Überlaufquellen
Plutonite (Tiefengesteine), Intrusiva, Ganggesteine	Granit, Gabbro, Granodiorit, Granitgneis, Pegmatit	infolge langsamer Abkühlung weitständige Klüftung (Absonderungsfugen), blockiger Zerfall, eher geringe Wasseraufnahmefähigkeit und Speicherung; Ausnahme: Störungen	tiefgründige, lehmige, gegen die Basis grusige Verwitterung (Feldspat) mit guter Speicherfähigkeit	Kluftquellen, Grundwasser
spröde Festgesteine mit intensiver Zerbrechung und teils reichlicher Wasserführung				
nicht wasserlösliche, spröde Festgesteine	Quarzite, quarzreiche Sandgesteine	intensive, teils tiefreichende Zerbrechung, gute Wasseraufnahmefähigkeit und Speicherung, gute Wasserwegigkeit, reichliche Wasserführung möglich	eher seichtgründig, Sandig gut durchlässig	teils ergiebige Kluftquellen
beschränkt wasserlösliche, spröde Festgesteine	Dolomite, Marmore	intensive, teils engmaschige Zerbrechung, Wasserbewegung und Speicherung über teils durch Lösung erweiterte Kluftnetze, besonders in Dolomiten gute Speicherung, mit relativ langsamer Abgabe	seichtgründige grusig-splittrige Verwitterung	Kluftquellen mit teils großer Ergiebigkeit, relativ beständig
wasserlösliche spröde Festgesteine	Kalke, Gips, Anhydrit	je nach Massigkeit und Schichtung mittel- bis weitständige, tiefreichende Zerbrechung, je nach Reinheit Erweiterung von Wasserwegen zu Schläuchen und Höhlen durch Lösung. Rasche Wasseraufnahme und Abgabe, geringe Seihung, hohe Fließgeschwindigkeit	geringmächtig, humos, tertiäre Reliktböden, lehmig, teils tiefgründig	Karstquellen, Großquellen, stark schwankend

Während weiche, verformbare Gesteinskörper wie Tonschiefer, Phyllite und Glimmerschiefer auf tektonische Kräfte vor allem durch Verformung reagieren, zerschneiden starre Gesteinskörper wie Quarzite, Marmore, Kalke und Dolomite oft engmaschig bis in große Tiefe.

Sind Bewegungsflächen bei weichen Gesteinen häufig durch Zerreibung (Mylonitisierung, Verschmierung) gekennzeichnet, bilden Brüche und Zerrüttungszonen in starren Gesteinen oft tieferreichende, bevorzugte Wasserwege.

Während die tonig-glimmrigen Bestandteile weicher Gesteinskörper eine tiefgründige, an Feinanteilen reiche Verwitterung bewirken, treten starre Gesteinskörper oft als Härtlinge mit nur geringer Bodenbildung hervor.

Somit bleibt die Wasserführung in weichen Gesteinskörpern meist nur auf seichtliegende, zudem mit Verwitterungsmaterial verschwemmte Kluftsysteme und die Verwitterungsschicht beschränkt.

In starren Gesteinskörpern können hingegen bei engmaschiger Zerschneidung (Quarzite, Dolomite, Marmore) oder Aufweitung von Kluftsystemen durch Lösung (Kalke) beachtliche Kapazitäten erreicht werden, wobei jeweils qualitativen Aspekten erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden ist.

Höher metamorphe Gesteine (Gneise, metamorphe Erstarrungsgesteine) nehmen zwischen diesen beiden Extremen eine Mittelstellung ein und ist eine tieferreichende Wasserführung meist auf Störungen des Gesteinsverbandes beschränkt. Die Starrheit bzw. der Zerschneidungsgrad dieser Gesteine ist weitgehend vom Quarzgehalt abhängig.

Bei Erstarrungsgesteinen ist die Klüftung weitgehend durch den Ablauf der Erstarrung vorgezeichnet.

Während rasch erstarrte Vulkanite (Basalt, Trachit, Andesit.) eine relativ engständige Klüftung mit teils auch zusammenhängender Wasserführung aufweisen können, ist die Klüftung bei langsam erstarrten Tiefengesteinen (Plutonite, Intrusiva, z.B. Granit, Gabbro, Granodiorit, Granitgneis) wesentlich weitmaschiger und auf wenige Klüfte und Störungen reduziert.

Stehen tektonisch bedingte Klüfte eher senkrecht zu Schieferungs- und Schichtflächen, entwickeln sich Entspannungsfugen weitgehend parallel zur Erdoberfläche.

Bei zahlreichen Sedimentgesteinen (Sandsteine, Quarzite, Marmore, gebankte Kalke) überwiegt eine senkrecht zu Bankungs- und Schichtfugen stehende Klüftung mit plattigem Zerfall. Bei weichen, gering metamorphen Gesteinen (Phyllite, Glimmerschiefer) herrschen linsenförmige Klufkörper mit starker Zersetzung, bei Gneisen solche in rhomboedrischer Form vor.

Bei Vulkaniten können sowohl eine vertikale, säulenförmige Klüftung als auch horizontale Absonderungsfugen auftreten, bei Plutoniten überwiegt quaderförmige Klüftung.

Durch Feldspatverwitterung (Granite) ist oft eine tiefgründige, gut wasserspeichernde Verwitterung vorhanden, andererseits führt besonders im Gebirge die grobblockige Verwitterung zu ausgedehnten Blockhalden.

In den meisten Gesteinen nimmt die Klüftweite mit der Tiefe rasch ab, häufig ist ein Hauptklüftsystem stärker entwickelt.

Die Reichweite durch Entspannung und Verwitterung aufgeweiteter, wasserwegiger Klüfte reicht selten mehr als 100 m unter die Oberfläche. Nur im Bereich von Störungen, Brüchen und Verwerfungen können bis mehrere 100m Tiefgang erreichende Klüfte beobachtet werden.

In allen Festgesteinen haben Störungen hinsichtlich der Wasserwegigkeit - sei es durch erhöhte, sei es durch verminderte Wegigkeit - eine besondere Bedeutung. Sie können in einem allgemeinen Überblick zwar keinen Eingang finden, sind jedoch bei örtlichen Erhebungen stets zu berücksichtigen.

Schieferungsfugen, Schicht- und Bankungsfugen weisen bei kristallinen Festgesteinen eine meist nur beschränkte Wasserwegigkeit auf und sind daher von sekundärer Bedeutung. Mit Ausnahme wasserlöslicher und spröder Festgesteine, sowie tiefgreifender Störungen des Gesteinsverbandes ist der für die Beurteilung von Quellen relevante Wasserhaushalt meist auf die Verwitterungszone und seichtliegende Klüftsysteme beschränkt.

Der Vorteil für eine systematische Quellbeobachtung in solchen letztlich wasserstauenden Gesteinen liegt in der guten Erfäßbarkeit aller Parameter. Quellen aus spröden, wasserlöslichen oder stark gestörten Festgesteinen und aus Lockersedimenten sind in den meisten Fällen wasserwirtschaftlich interessanter, doch sind die Zusammenhänge wesentlich schwieriger zu erfassen.

Zu einem wesentlichen Aufgabenkreis des Hydrogeologen gehört auch die Definition des jeweiligen Quellentypes. Da die häufigsten Quellentypen als bekannt vorausgesetzt werden können, wird darauf in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen und auf die zusammenfassende Darstellung von H. ZETINIGG (1988) verwiesen.

In Form eines kurzen Überblickes wurde versucht, die Mannigfaltigkeit der Beziehungen zwischen Geologie und Quellen anzureißen und die Bedeutung hervorzuheben, die der Vor- und Nachbearbeitung jeder systematischen Quellaufnahme und -beobachtung durch den Hydrogeologen zukommt.

3.3 AUSWAHLKRITERIEN FÜR DIE STEIERMARK

Eine Auswahl repräsentativer Quellen in der Steiermark wird sowohl die unterschiedliche Wasserwegigkeit und das Speicherverhalten, wie auch die chemischen Eigenschaften der wichtigsten, großräumig vertretenen Gesteinstypen zu berücksichtigen haben, wobei die jeweils charakteristischen Quelltypen und verschiedenen Höhenstufen vertreten sein sollten. Nicht berücksichtigt werden können jedoch Beeinflussungen, wie sie gebietsbezogen durch tektonische, lithologische oder fazielle Gegebenheiten entstehen.

Bei der Vielfalt der in der Steiermark vertretenen Gesteinstypen und Sedimente, kann als realistisches Ziel nur die Erarbeitung einiger wesentlicher Charakteristika angesehen werden, welche als wichtiges Hilfsmittel für kurzfristig zu treffende, umfassendere Aussagen in vergleichbaren lokalen Bereichen herangezogen werden können.

Im Sinne einer generellen Übersicht werden daher in der nachfolgenden Aufgliederung die wichtigsten in der Steiermark großräumig auftretenden Sedimen-

te und Gesteinstypen mit jeweils hydrogeologisch ähnlichen Eigenschaften zusammengefaßt.

3.3.1 Organische Sedimente (Torfe, Moore)

Die meisten der durch hohes Wasseraufnahmevermögen und geringe Abgabe gekennzeichneten Moore sind späteiszeitlicher bis postglazialer Entstehung. Hauptverbreitungsgebiet sind die Talböden des Enns- und Paltentales und des Ausseer-Landes.

In höheren Lagen mit kleinen Quellaustritten finden sich Moore auf den alten tief verwitterten Landoberflächen der Koralpe, in den Schladminger Tauern, den Fischbacher Alpen, aber auch auf StauhORIZONTEN innerhalb der Kalkalpen. Wasserwirtschaftlich sind diese organisch stark belasteten Wässer nicht von Interesse.

3.3.2 Lockersedimente des Quartärs und Holozäns

3.3.2.1 Wasserdurchlässige Sedimente

a.) Hangschutt, Schuttkegel, Blockhalden, Bergstürze

Sedimente dieses Typs sind praktisch in allen Gebirgslandschaften der Steiermark reichlich vertreten.

Ihre stärkste Verbreitung finden sie im Bereiche spätglazialer Vereisung (Kare), periglazialen Frosteinwirkung (Quelltrichter, Bodenfließen), wandbildender Gesteine und tektonischer Zerrüttungszonen.

Die Kornzusammensetzung hängt in hohem Maße von der Klüftigkeit, Sprödigkeit und dem Zerkleinerungsgrad des Gesteinskörpers ab und reicht von den für Granitgneise typischen Blockhalden bis zu den grusigen Feinkiesen der Dolomite. Hydrogeologisch typische Eigenschaften sind eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit und ein großes Speichervolumen. Die meist strähnige Wasserbewegung und das oft sehr unterschiedliche Speicherverhalten dieser Porengrundwasserleiter stehen in Abhängigkeit vom Feinkornanteil, der Gesamtmächtigkeit und dem Gefälle.

Charakteristischer Quelltyp sind Schuttquellen, wie sie in allem Gebirgsregionen mit wasserstauendem Untergrund reichlich vertreten sind. Namentlich zu nennen sind die Muralpen (Niedere Tauern, Turracher Berge, Seetaler Alpen, Amering, Koralpe, Stubalpe, Gleinalpe, Rennfeld, Troiseck-Flöning, sowie das Kristallin von St. Radegund) und die Raabalpen (Rabenwald, Fischbacher Alpen, Wechsel).

Zwecks Erfassung dieses Quelltyps umfaßt das geplante Beobachtungsnetz Quellen in klimatisch und lithologisch unterschiedlichen Gebieten, so Quellen im Koralmbereich (Einzugsgebiet Schwarze Sulm, Krumbach), im südlichen Hochschwab (Tragößtal), in den Wölzer und Seckauer Tauern, in der Pöllauer Bucht (Höhenhansl) und im Wechselgebiet.

b.) Moränen, Blockgletscher

Die oft schutterfüllte Karböden abschließenden Moränenbögen spätglazialer Vereisungen bieten nicht selten ideale Voraussetzungen für die Speicherung der reichlich anfallenden Niederschlags- und Sickerwässer. Die am Fuße solcher Moränenbögen austretenden Quellen erreichen relativ konstante Schüttungen in einer Größenordnung von 5 bis 10 l/s.

Besonders starke Schüttungen können Quellen an der Basis von Blockgletschern erreichen, wie sie im Bereiche der grobblockig zerfallenden Granitgneise der zentralen Wölzer, Rottenmanner und Seckauer Tauern (Hölltal, Hagenbach, Gaal, Hochreichart, Sundlsee u.a.) entstehen konnten (Th. UNTERSWEG und A. SCHWENDT 1995). Aber auch in den Wölzer und Schladminger Tauern konnten zahlreiche solcher spätglazialer "Blockgletscher" bzw. Blockhalden mit teils beachtlichen Quellaustritten festgestellt werden (E. FABIANI 1969).

In der Koralpe stehen Quellen aus der letzteiszeitlichen Endmoräne und spätglazialer Moränen des Bärentalgletschers unter Beobachtung. Vorgesehen ist auch die Beobachtung von Quellen aus Blockgletschern der Seckauer Tauern.

c.) Eiszeitliche und holozäne Talfüllungen

Die Bedeutung der durch eiszeitliche Schmelzwässer überbreit ausgeformten, teils mit mächtigen Lockersedimenten aufgefüllten Tallandschaften liegt zweifellos in der Grundwasserführung.

Teils sehr ergiebige "**Grundwasserquellen**" können unter folgenden Voraussetzungen zu Tage treten.

⇒ Auftriebsquellen in glazialen Übertiefungsbecken, wenn diese über schluffig-tonige Deckschichten verfügen und das Grundwasser unter Druck steht. Derart gespanntes Grundwasser kann in Form von Wallerquellen, Sumpquellen oder Auftriebsquellen am Beckenende zu Tage treten. Solche Quellen finden sich in den Mooren des mittleren Ennstales, im Tragößtal und Ilgnertal. (K. BISTRITSCHAN 1956, E. FABIANI 1980)

⇒ Grundwasserquellen an Verschneidungsflächen zwischen Grundwasser und Geländeoberfläche, insbesondere im Übergang Niederterrasse - Aue (Kalsdorfer Aue, Untergralla) oder sich ausdünnenden Talfüllungen am Ende beckenförmiger Erweiterungen (Wagna - Landscha, Leopoldsteinersee, Fölzgraben, Seegraben).

⇒ Austritte aus den Basisschottern ältereiszeitlicher Terrassen, insbesondere wenn der wasserstauende Tertiärsockel über Niveau der Niederterrasse liegt. Es handelt sich um meist linienförmig angeordnete Quellen oder Vernässungen am Terrassenfuß wie z.B. bei Wundschuh (Kaiserwaldterrasse), Gabersdorf, Wagendorf, St. Veit, Helfbrunn, Pridahof (Helfbrunner Terrasse).

Als Quellen dieses Typs stehen eine Auftriebsquelle im Ilgnertal (Auquelle) und als Verschneidungsquelle die Lamingquellen im Tragößtal in Beobachtung. Weiters ist eine Reaktivierung der Meßeinrichtungen im Seegraben bei Seewiesen vorgesehen.

Durch hohen Nitratgehalt trotz guter Überdeckung haben die Quellaustritte bei Wagendorf Interesse geweckt und ist in diesem Raum eine Dauerbeobachtung vorgesehen.

3.3.2.2 Wasserstauende Sedimente

a.) Quartäre Staublehme

Verbreitungsgebiet sind die mittel- und altquartären Terrassen des Murtales, der West- und der Oststeiermark.

Die über durchlässiger Schotterbasis liegenden Lehme wurden durch Tagwassereinfluß zu schwer durchlässigen Pseudogleyen umgewandelt.

Während ältere, bzw. höhere Terrassen bereits Auflösungs- und Abtragerscheinungen zeigen, sind die mehrere Meter Mächtigkeit erreichenden Lehmdecken auf der rißeiszeitlichen "Helfbrunner" und der mindeleiszeitlichen "Schweinsbachwald" Terrasse über weite Flächen durchgehend erhalten.

Auf den weitgehend ebenen Terrassenflächen finden sich kaum Quellen. Unbedeutende Sickerwasseraustritte können im Bereich randlicher Auflösungen auftreten. Für eine Dauerbeobachtung erscheinen diese Quellen nicht geeignet.

b.) Quartäre Hangverkleidungen:

Die Hänge der tertiären Riedel und ältereiszeitlichen Terrassen der Ost- und Weststeiermark sind häufig durch mehrere Meter mächtige lehmige Ablagerungen überdeckt. Diese sind durch eiszeitliches Hangfließen und den Abtrag von Lehmdecken (Solifluktion, Kolluvien) entstanden.

Diese Hangverkleidungen können an sich nur unbedeutende Wasseraustritte im Bereiche kleiner Hohlformen (Dellen, Tobel) aufweisen.

Bei den meisten Wasseraustritten handelt es sich um oft verschleppte Durchsickerungen aus überdeckten, wasserführenden Schichten des Tertiärs oder Quartärs, sodaß eine Abschätzung des Einzugsgebietes nicht möglich ist.

3.3.3 Sedimente des Tertiärs

Im Zuge von im Unteren Miozän einsetzenden Hebungs- und Senkungsbewegungen der Erdkruste wurden die Senkungsbecken der Ost- und Weststeiermark (Steirisches Becken) wie auch inneralpine Einbruchsbecken mit mächtigen Sedimentfolgen aufgefüllt. Je nach Überwiegen des Meeres- oder des Landeinflusses bzw. einer Senkungstendenz im Beckenbereich oder einer Hebungstendenz umgebender Randzonen, bestehen die Sedimente dieser Beckenfüllungen aus einem regen Wechsel von kiesig-sandigen (fluviatilen) und tonig-mergeligen (marinen) Sedimenten.

Diese Sedimentfolgen erreichen im Weststeirischen Becken Mächtigkeiten bis 800 m, im durch die "Mittelsteirische Schwelle" abgetrennten Oststeirischen Becken bis zu 3000 m. Kennzeichnend für das gesamte Ost- und Weststeirische Riedelland ist eine ausgesprochene Armut an Quellen, wodurch die allerdings nur begrenzt zur Verfügung stehenden artesisch gespannten Tiefenwässer an Bedeutung gewannen.

Gründe für diese Wasserarmut liegen einerseits im geringen Niederschlagsangebot, der oft geringen Konstanz und hangenden Lage wasserleitender Schichten in langgestreckten, schmalen Riedeln, andererseits auch der häufigen Abdeckung der Infiltrationsflächen durch tertiäre oder quartäre Feinsedimente und Kolluvien.

Die meist unergiebigsten Wasseraustritte sind häufig an erosive Einschnitte gebunden oder treten linear in Form von Naßgallen und Vernässungen zu Tage.

Häufig sind die Austritte durch bindige Deckschichten verschleppt und durch Rutschungen gekennzeichnet. Tektonische Bewegungen und eiszeitliches Bodenfließen haben im süd-oststeirischen Grabenland zur einseitigen Bevorzugung einer Talseite geführt.

Im Ennstal, wie auch den inneralpinen Einbruchsbecken der Mur-Mürzfurche (Fohnsdorfer Becken, St. Stefan, Seegraben, Parschlug, Krieglach) der Parallelfurche (Trofaiacher Becken, Aflenzer Becken), wie auch südlich parallel verlaufenden Becken (Obdach, Semriach, Passail, Birkfeld) treten die tertiären

Sedimente unter sandig kiesiger Quartärbedeckung meist nur randlich in Erscheinung und sind in Bezug auf Quellvorkommen ohne Bedeutung.

Mit Ausnahme kleiner, an wasserstauende Sedimente selbst gebundener Sickerwasseraustritte ist das Einzugsgebiet von an tertiäre Schichten gebundenen Quellen meist nicht abgrenzbar, da kein Zusammenhang mit dem orographischen Einzugsgebiet besteht.

Die Auswahl von Quellen in Tertiärgebieten, ist nur beschränkt möglich und hat mit besonderer Sorgfalt zu erfolgen.

3.3.4 Verwitterungsschichten, Böden

Böden entstehen durch eine chemisch-physikalische Aufbereitung des geologischen Untergrundes zu einem lt. ÖNORM B3120 knetbaren, bzw. zwischen den Fingern zerdrückbaren natürlichen Mineralgemenge.

Die je nach Lage, Hangneigung und Ausgangsmaterial unterschiedlichen Verwitterungsschichten spielen für den Wasserhaushalt, insbesondere bei Quellen eine wesentliche Rolle. Ist für Wasseraufnahme und Filterung die belebte Bodenzone von Bedeutung, sind es für Speicherung und Wassertransport vor allem die mit Bruchstücken des Ausgangsmaterials durchsetzten Übergangszonen zum geologischen Untergrund.

Da für Zersetzung und Bodenbildung Temperatur und Wasser wesentliche Faktoren sind, fanden intensive Bodenbildungen vor allem im Tertiär statt und geht ein wesentlicher Anteil tiefgründiger Verwitterungsböden auf dieses Erdzeitalter zurück.

Mehrere Meter mächtige, lehmige Verwitterungsschichten sind vor allem auf den alten Landoberflächen der Koralpe verbreitet, finden sich aber auch in den Fischbacher Alpen und oststeirischen Vulkangebieten, in Resten aber auch in kalkalpinen Bereichen wie dem Plabutsch-Buchkogelzug, dem Grazer und Weizer Bergland oder Hochflächen des Hochschwabmassivs. Rotlehme sind häufig auch als Taschen und Kluffüllungen anzutreffen.

Quellaustritte sind meist an durch Erosion aufgelappte Randflächen, sowie an auf Kaltzeiten zurückgehende Dellen und Tobel gebunden. Die Schüttung ist eher gering, jedoch beständig.

3.3.5 Wasserstauende Festgesteine mit unterschiedlicher Wasserführung über Trennfugen und Verwitterungsschichte

Zu dieser Gruppe gehört das weite Spektrum von Gesteinen, die an sich wasserstauend sind, jedoch über Verwitterungsschichten, Kluftsysteme, Schichtungsfugen oder Zerrüttungszonen in unterschiedlicher Tiefe und Menge Wasser führen können. Gesteine dieses Types nehmen in der Steiermark den größten Flächenanteil ein.

Wie bereits im ersten Abschnitt ausgeführt, hängt die oft recht unterschiedliche Wasserführung nicht nur vom Ausgangsmaterial, sondern auch vom Maße der tektonischen Beanspruchung, klimatischen Einflüssen und der morphologischen Formgebung ab. Für die Sprödigkeit, bzw. Klüftigkeit sind hinsichtlich des Ausgangsmaterials vor allem der Quarz-, bzw. Tongehalt sowie der Grad der Diagenese (Verfestigung) bzw. Metamorphose (Umwandlung) durch den Gebirgsdruck von Bedeutung.

3.3.5.1 Wasserstauende Gesteine mit überwiegend oberflächennaher Wasserführung

Zu dieser Gruppe zählen vor allem an Tonmineralien und Feinsedimenten reiche, gering- oder nicht metamorphe Sedimentgesteine wie Mergel, Tonschiefer und Phyllite. Kluftsysteme sind daher meist nur in Oberflächennähe entwickelt und weisen auch durch Verschlammung mit tonigem Verwitterungsmaterial meist nur einen geringen Tiefgang der unterirdischen Wasserführung auf. Diese beschränkt sich daher vorwiegend auf die Verwitterungszonen und seichtliegenden Klüfte. Die eher weichen, gegen meteorische Einflüsse nur geringen Widerstand aufbringenden Gesteine neigen zu oft tiefgründiger Verwitterung mit hohem Feinanteil. Das Speichervolumen ist dadurch meist groß, die Wasserabgabe erfolgt über zahlreiche kleine Austrittsstellen langsam und beständig. Die Einzugsgebiete sind in Form von Quellmulden und Quelltrichtern

meist gut erkennbar und gut abgrenzbar, weshalb Quellen dieses Gesteinstyps besonders gut erfaßbar und für eine Beobachtung geeignet sind.

In der Steiermark ist dieser Gesteinstyp durch folgende Formationen bzw. in folgenden Bereichen großräumiger vertreten:

a.) Verfestigte Feinsedimente (Mergel, Tonschiefer, tonige Kalkschiefer)

Mergelige Gesteine und Tonschiefer treten häufig als vernäßte Stauhorizonte mit zahlreichen kleinen Quellen hervor. Sie sind praktisch in Ablagerungen fast aller Erdzeitalter vertreten, so in Ablagerungen des Tertiärs (in Verbindung mit Leithakalken), der Gosau (Zementmergel der Kainacher Gosau bei St. Bartholomä, Niemtaler - und Zwieselalmschichten bei Gams), der Lias (Lias Fleckenmergel bzw. Allgäuer Schichten im Raume Loser, Tauplitz und oberen Waaggraben), sowie in der kalkalpinen Trias (Reingrabner Schiefer, Lunzer- bzw. Raibler Schichten, Zlambachschichten, Kössenerschichten). In der kalkalpinen Trias können diese Schichten als Stauhorizont für Karstwässer wirksam werden und auch stärkere Quellaustritte verursachen. Als Beispiel seien das Hochschwabgebiet genannt, wo das Bürgeralplateau über starke Schichtgrenzquellen in den Feistringgraben (Pertlquelle) und den Fölzgraben entwässert, oder die zahlreiche Quellaustritte bewirkenden Lias Fleckenmergel im Waaggraben.

Hoher Tongehalt läßt auch Haselgebirge, wie es im Ausseerland und nördlich des Ennstales, allerdings nur kleinräumig vertreten ist, zum Wasserstauer werden. Tonschiefer, teils kohlenstoffreiche Graphitschiefer sind auch in der Grauwackenzone reich vertreten, wobei die bis 1000 m mächtigen Radschiefer bei Eisenerz und die teils phyllitischen Schiefer des Karbon zwischen Bruck und Liesingtal zu nennen sind.

Tonschiefer sind auch im Grazer- und Murauer Paläozoikum, häufig in Verbindung mit vulkanischen Ablagerungen verbreitet. Als Beispiele seien die Dornerkogel Folge in der Breitenau oder die im Raum Graz verbreiteten Schichten von Kehr genannt.

Da Tonschiefer häufig in allen Übergangsformen zu gering metamorphen Schiefen bis zu Phylliten auftreten, sind sie räumlich meist kaum von diesen zu trennen.

b.) Gering metamorphe Festgesteine (Phyllite, Schiefer i.A., Glimmerschiefer)

Ein in der Steiermark weit verbreiteter Gestein dieses Typs sind „**Phyllite**“. Für diese feinschiefrigen, seidig glänzenden Gesteine sind ein wechselnder Quarzgehalt, eingelagerte Chloritschiefer und eine graue bis grünliche Farbgebung charakteristisch.

Auf Grund einer geringen Diagenese und Metamorphose reagiert dieses weiche Gestein auf Gebirgsdruck mit oft intensiver Verfältelung, auf klimatische Einflüsse mit tiefgründiger Verwitterung. Folge einer meist auf oberflächennahe Kluftsysteme und Verwitterungsschichten beschränkten Entwässerung ist eine Vielzahl kleiner Quellen.

Hauptverbreitungsgebiet sind die Grauwackenzone, das Grazer- und das Murauer Paläozoikum.

So finden sich phyllitische Gesteine in allen Übergängen von Tonschiefern bis zu phyllitischen Glimmerschiefern in den „feinschichtigen Grauwackenschiefern“ südlich des Paltentales bis Wald, in den Eisenerzer Alpen, (Radschiefer westlich Eisenerz), in der Traidersbergfolge östlich Traboch, wie auch in der Grauwackenzone zwischen Bruck, bzw. Oberdorf und Trofaiach nördlich der Mur, sowie zwischen Oberaich und Bruck südlich der Mur.

Tektonisch schwer zuordenbar sind die im Süden über den Glimmerschiefern der Wölzer Tauern liegenden „Ennstaler Phyllite“. Diese am Grünschieferlagen reichen Phyllite erreichen südlich des Ennstales eine Breite von 2 bis 8 km, nördlich des Ennstales treten sie als wasserstauende Basis der Ramsauer Terrassenschotter in Erscheinung.

An der Basis des „Murauer Paläozoikums“ und im Grazer Bergland zwischen Übelbach, Arzberg und Passail, sowie vom Weizer Bergland bis in die Breitenau ziehend, finden sich phyllitische Gesteine häufig in Verbindung mit Ge-

steinen vulkanischen Ursprungs (Tuffe, Metadiabase). Quarzphyllite sind in den Fischbacher und Raabalpen, phyllitische Schiefer im Wechselgebiet, phyllitische Glimmerschiefer sind südlich Mühlen, bei Oberwölz und bei Anger entwickelt.

Schiefergesteine können in Abhängigkeit von Tongehalt, Verfestigung und Beimengungen ein recht unterschiedliches Erscheinungsbild aufweisen, sind jedoch generell als wasserstauend einzuordnen.

An altpaläozoischen, gering metamorphen Schiefergesteinen sind neben den vielfältigen Ausbildungen der Grauwackenzone vor allem die Schiefer des Sausals, die Basis des Buchkogelzuges östlich Preding und Teilgebiete des Remschnigg zu nennen.

Eine hydrologische wichtige Stellung nehmen die permo-triadischen, Werfener Schiefer ein. Dieses grünliche bis violette Schichtglied der Werfener Schichten erlangt seine Bedeutung als wasserstauende Basis der nördlichen Kalkalpen und ist als Folge seiner tektonisch bedingten Formung Ursache für viele Großquellen.

Nördlich des Ennstales treten diese Schiefer als nordfallende Basis des Dachsteinmassives, sowie in größerer Verbreitung zwischen Liezen und Admont in Erscheinung. Ihre wasserwirtschaftlich größte Bedeutung erlangen sie jedoch im Hochschwabmassiv wo die bis 300 m mächtigen Schichten die Karstwässer der überlagernden Karbonatgesteine in drei Längsmulden sammeln und die Austritte an meist durch Störungen, bzw. Taleinschnitte prädestinierten Punkten erfolgen (siehe Pkt 3.3.6.1) Als Gesteinskörper selbst zeigt sich das typische Bild tonreicher Schiefergesteine mit tiefgründiger Verwitterung und zahlreichen kleineren Quellaustritten. Austritte dieses Typs wurden bei Tragöß erfaßt und in das Beobachtungsnetz einbezogen.

Eine Zwischenstellung nehmen die in den kristallinen Grundgebirgen der Steiermark reichlich vertretenen **Glimmerschiefer** ein, da das Spektrum von weicher, verformbarer, phyllitischer Ausbildung bis zu starren, höher metamorphen, pegmatoiden Gesteinskörpern reichen kann. Wenngleich bruchlose Verformung und tiefgründige Verwitterung als Merkmale überwiegen, können insbesondere in eiszeitlich überformten höheren Gebirgslagen, Bergzerrei-

Bung, Frostsprengung und Doppelgratbildung bei steilstehender Klüftung auch zu tieferreichenden Wasserwegen führen. Als für den Wasserhaushalt wertvolle Pufferzone kann der an Feinanteilen reiche Schutt, bzw. in mittleren Gebirgslagen auch die meist tiefgründige Verwitterungszone dienen. Hauptverbreitungsgebiete von Glimmerschiefern sind in der Steiermark die „Niederer Tauern“, wo die „Wölzer Glimmerschiefer“ namengebend wurden, der Gstoder und die Turracherberge westlich Murau und die Seetaler Alpen.

Im Glein- und Stubalpenzug treten Glimmerschiefer vor allem begleitend zu den mächtigen Marmorzügen auf. In der Koralpe treten sie meist höher metamorph und pegmatoid in Erscheinung. In der Oststeiermark sind Glimmerschiefer im Kristallin von St. Radegund und bei Anger, nördlich Birkfeld vertreten.

Eine besondere Häufung von Quellen findet sich im Bereich späteiszeitlich geprägter Kare und mit periglazialen Schutt aufgefüllter Quelltrichter, doch ist eine Dauerbeobachtung solcher Quellen durch die schwere Erreichbarkeit im Winter erschwert. Bezüglich der Klüftquellen fällt eine Häufung kleiner Quellaustritte im Schichtfallen auf, während von Schichtköpfen eingenommene Hänge quellarm sind. Wie besonders in den Tälern der Niederer Tauern zu sehen ist, neigen diese weitgehend homogenen, wenig widerstandsfähigen Gesteine zur Ausbildung besonders regelmäßiger Quelltrichter, wobei Größe und Abstand in Abhängigkeit von der Hangneigung stehen (E. FABIANI, 1969).

3.5.2. Wasserstauende Gesteine mit unterschiedlicher bis erhöhter Klüftigkeit

Zu dieser Gruppe können Festgesteine gezählt werden, die auf Grund ihrer Starrheit auf Gebirgsdruck bzw. Druckentlastung mit teils tiefreichender Zerschlagung reagieren, oder wie langsam abgekühlte Intrusiva und Tiefengesteine auch über tieferreichende Absonderungsfugen verfügen können.

Das Maximum wasserführender Klüfte ist zwar auf den oberflächennahen Bereich konzentriert, doch ist über durch Störung des Gebirgsverbandes bewirkte Zerrüttungszonen auch eine bis mehrere hundert Meter Tiefe reichende Wasserführung möglich und sind stärkere Quellen meist an solche Zonen gebunden.

a.) Verfestigte Lockersedimente (Sandsteine, Konglomerate, Brekzien)

Diese häufig, räumlich jedoch begrenzt auftretenden Sedimentgesteine haben für die Quellhydrologie relativ wenig Bedeutung.

Die Wasserführung steht in Abhängigkeit von Kornaufbau und Verfestigung, wodurch insbesondere ältere, gut verfestigte Ablagerungen meist nur mehr eine auf Klüfte und Schichtfugen beschränkte Wasserführung aufweisen. In der Steiermark sind diese Gesteine aus fast jedem Erdzeitalter vertreten.

Konglomerate bzw. die sogenannte Nagelfluh des Quartärs treten häufig am Außenrand von Terrassen und Schuttkegeln auf, gehen jedoch meist nach wenigen Metern bis Zehnermetern in Lockersedimente über. Schichtgrenzquellen treten auf, wo solche Sedimente wasserstauenden Schichten auflagern wie z.B. die Pichlmayrgutquellen (Ramsau) oder Quellen im Waaggraben bei Hieflau.

Weite Verbreitung finden diese Ablagerungen im Oberen Ennstal, im Ennstal und dessen Seitentälern flußab Hieflau, aber auch im Mur- und Mürztal (Leoben-Hinterberg, Lamingtal).

Konglomerate und Brekzien des Tertiärs sind häufig an die Nähe des Gebirgsrandes gebunden. Stärkere Verbreitung finden sie nördlich Pinkafeld, bei Stiwoll und bei Arnfels. Die rötliche "Eggenberger" Brekzie ist als Rinnenfüllung und Hangverkleidung im Grazer Bergland vertreten. Verfestigte Ablagerungen der Oberkreide (Gosau) finden im Becken von Kainach, aber auch im Raum Gams bei Hieflau größere Verbreitung. Da die Konglomerate und Sandsteine der Gosau häufig von Mergeln und Tonschiefer überlagert werden, bleibt es bei einer sehr beschränkten Wasserführung. Kalkige Entwicklungen haben nur lokale Bedeutung (St. Bartholomä).

Paläozoische Konglomerate finden sich im Raum Turrach - Paal, aber auch in der Grauwackenzone (Radmer, Eisenerz). Konglomerate und Brekzien sind in der permotriadischen Basis des Hochschwabmassivs "den Präbichlschichten" vertreten.

Zur Beobachtung gelangen soll eine der Quellen nordöstlich des Pichlmayrgutes (Ramsau, Konglomerat über kohleführenden Mergeln). Am Hieseleck bei

Tragöß steht eine Quelle aus dem dort mächtig entwickelten, "Präbichlkonglomerat" unter Beobachtung.

b.) Höhermetamorphe Festgesteine (Gneise, Amphibolite, Serpentine, Porphyroide, Diabase)

Zu dieser Gruppe können die höher metamorphen Gesteine des altkristallinen Grundgebirges wie auch, wegen ihrer ähnlichen hydrogeologischen Eigenschaften, metamorphe Erstarrungsgesteine gezählt werden.

Wie bei Glimmerschiefern ist eine Großzahl der eher unergiebigem Quellen an seichtliegende Kluftsysteme, Verwitterungs- und Schuttkörper gebunden, wobei im Schichtfallen eine stärkere Wasserführung vorherrscht. Von in der Regel zwei zueinander senkrecht stehenden Kluftsystemen ist meist eines (Hauptkluftichtung) stärker entwickelt und für die Wasserwegigkeit bestimmend.

Zerbrechungsgrad, Tiefgang und Wasserwegigkeit stehen neben der tektonischen Beanspruchung in Konnex mit dem Quarzgehalt der Gesteinskörper, wobei sich gegenüber verschmierenden, weicheren Gesteinstypen insbesondere im Bereich von Störungen, Brüchen und Verwerfungen eine erhöhte Wasserwegigkeit abzeichnet.

Eine breite Palette von **Gneisen** (Paragneise, Augengeneise, Hornblendegneise, pegmatoiden Gneise, Plattengneise, Grobgneise) reicht von den Schladminger Tauern, den Turracher Bergen (Stadl - Einach), den Seetaler Alpen, über Gleinalpe und Mugel bis zum Rennfeld, wobei diese Gneise teils von jüngeren Ortho- bzw. Granitgneismassen durchdrungen wurden. Nördlich des Mürztales wird der Troiseck - Floningzug von Gneisen eingenommen.

Einen höheren Grad der Metamorphose weisen die Gneise der Koralpe auf, wobei eine als „Plattengneis“ bekannte Entwicklung bis in den Raum Stainz - Ligist reicht. Zeichen höherer Metamorphose weisen auch Gneise der Seetaler Alpen und des Kristallins von St. Radegund auf.

Im Oststeirischen Raum treten Paragneise in Teilen der Raabtaler Alpen (Strallegger Gneise) auf, Gneise bilden auch die Basis der Wechseleinheit.

Quellen dieses Gesteinstypes wurden bisher im Bereiche der Koralpe erfaßt und in das Beobachtungsprogramm einbezogen.

Amphibolite sind meist an Gneise gebunden und sind besonders im Bereich der Niederen Tauern und der Koralpe als schmale Bänder in diese eingebunden. Mächtigeren, gesteinsbildenden Vorkommen finden sich am Südrand der Seckauer Tauern und im Stubalm - Gleinalmzug, von wo sie in viele Linsen und Bänder aufgesplittert bis in die Breitenau reichen.

Diese teils aus kalkig - tonigem, teils aus vulkanischem Ausgangsgestein hervorgegangenen Grüngesteine haben sich im Zuge der Gebirgsbildung weitgehend dem Umgebungsgestein angepaßt und sind hydrogeologisch nicht weiter auffällig. Häufig werden jedoch diese zähen, widerstandsfähigen Gesteinsbänder von schwach wasserführenden Reibungsletten begrenzt (ALKER, A. 1975).

Verbunden mit den Amphiboliten und Gneisen der Gleinalpe sind Peridotite, ein silikatarms Tiefengestein, das bei Kraubath und Traföß zu einem **Serpentin** umgewandelt wurde. Insbesondere bei Kraubath ist die intensive, durch tektonische Beanspruchung bewirkte Klüftung dieses Gesteinskörpers gut erkennbar.

An metamorphen Erstarrungsgesteinen sind in der Steiermark **Porphyroide** und **Diabase** in flächenmäßig größerer Ausdehnung vertreten. Porphyroide sind ein wichtiger Bestandteil der Grauwackenzone. Diese als Blasseneckporphyroide bekannten, leicht metamorphen Produkte eines sauren Vulkanismus sind mit Mächtigkeiten bis zu 1000 m vor allem zwischen Semmering und Vorderberg, am Südrand der Veitsch und des Hochschwabmassivs, sowie in den Eisenerzer Alpen verbreitet.

Hydrogeologisch sind diese massiven Gesteine zwischen Glimmerschiefern und Gneisen anzusiedeln. Quellen dieses Gesteinstypes stehen südlich Tragöß (Wohntal) unter Beobachtung. Diabase, Metadiabase und vulkanische Tuffe sind im Murauer- und Grazer Paläozoikum verbreitet, kleinere Vorkommen finden sich im Remschnigg und bei Lebring. Massige Entwicklungen (Diabase) sind eher selten, es überwiegt der wasserstauende Charakter dünngeschichteter Aschentuffe und ist ein Großteil der Gesteine Schieferen gleichzusetzen.

c.) Granitische Tiefengesteine und Intrusiva (Orthogneise, Granitgneise, Granodiorite, Grobgneise

In mehreren Bereichen des altkristallinen Grundgebirges sind granitische Massen eingedrungen, welche erst durch die alpidische Gebirgsbildung eine letzte metamorphe Überprägung erfuhren. Sie sind somit mit den Granitgneisbergen der Hohen Tauern vergleichbar.

Orthogneise dieses Typs sind in Form von Granitgneisen, Granodioriten und Mischgneisen in den Schladminger Tauern, der Bauleiteckgruppe, in stark granitischer Ausbildung in den Seckauer Tauern und der Bösensteingruppe vertreten. Granodiorite und Granite bilden auch den Kern des Amering und des Gleinalmzuges. Ältere, in alpidischer Zeit zu Grobgneisen überprägte granitoiden Gesteine finden sich auch nördlich der Mürz zwischen St. Marein und Mitterdorf (Mürztaler Grobgneise) und in den Raabtaler Alpen (Masenberggranit, Granite von Birkfeld, Wenigzell) Granitische Orthogneise sind auch nördlich des Ringkogels bei Hartberg und südlich Stubenberg vertreten.

Charakteristisch für Gesteine dieses Typs ist ein relativ weitständiges Kluftnetz und daraus bedingt ein grobblockiger Zerfall, bzw. die Bildung von Blockhalden mit großer Wasseraufnahmefähigkeit. Die unterirdische Wasserführung ist infolge des weitmaschigen Kluftnetzes stark eingeschränkt, stärkere und tiefreichende Wasserführungen konzentrieren sich auf Störungen des Gesteinsverbandes. Die Beobachtung von Quellen dieses Gesteinstyps ist im Bösensteinmassiv vorgesehen.

d.) Jungtertiäre Effusiva, Tuffe, Tuffite

Während von einem ausgedehnten mittelmiozänen Vulkanismus (Trachyte, Trachyandesite) nur die Gleichenberger Kogel die heutige Oberfläche erreichen, sind von einem jüngeren, pliozän-pleistozänen Vulkanismus das Klöcher Massiv, der Steinberg bei Feldbach (Tuff, Schlackenlava, Nephelinbasanite) die Lavadecken von Straden und mehr als 30 Tuffschlote erhalten, deren bekanntester die Riegersburg trägt.

Erstarrungsklüfte, Absonderungsfugen und Störungen ermöglichen eine tiefreichende Wasserzirkulation, der Rückstau durch umgebende Tertiärsedimente

begünstigt die Bildung eines Bergwasserspiegels mit zahlreichen kleinen Quellen am Außenrand der Massive. Bestes Beispiel einer intensiven Kluftwasserführung sind die Steinbrüche bei Klöch, bei denen zur Wassererhaltung 15 bis 20 l/s Kluftwasser abgepumpt wurde. Die Beobachtung eines Kluftwasseraustrittes ist vorgesehen.

3.3.6 Spröde Festgesteine mit intensiver Zerkochung und teils reicher Wasserführung

Diese Gruppe von Gesteinen ist eindeutig das bevorzugte Betätigungsfeld der Quellhydrologie, verfügt sie doch bei oft weitgehend wasserlosen Einzugsgebieten über eine große Zahl ergiebiger, punktförmig am Gebirgsrand austretender Quellen, welche sich für Messungen in besonderem Maße eignen.

Kennzeichen dieses Gesteintypes sind hohes Wasseraufnahmevermögen, gute Wasserwegigkeit und großes Speichervolumen. Bewirkt wird dies durch einen hohen, tiefreichenden Zerkochungsgrad der spröden Gesteinskörper und wird im Falle der Karbonatgesteine durch Wasserlöslichkeit wesentlich verstärkt. In dieses Spektrum fallen:

- * wasserlösliche Karbonatgesteine (Kalke, Gips, Anhydrit)
- * beschränkt wasserlösliche Karbonatgesteine (Dolomite, Marmore)
- * nicht wasserlösliche Festgesteine (Quarzite)

3.3.6.1 Wasserlösliche Karbonatgesteine

Phänomene der Verkarstung, insbesondere die aus Höhlen und Spalten austretenden "Riesenquellen" haben schon immer Interesse geweckt.

Dementsprechend reichhaltig ist auch der Stand an Untersuchungen und Veröffentlichungen über Karsthydrologie. Ein umfassender Überblick wird in einer Dokumentation des Umweltbundesamtes (UBA-92-057) geboten.

Die besonderen Eigenschaften der Karbonatgesteine, nämlich ein infolge Sprödeheit tiefreichender Zerkochungsgrad, verbunden mit einer Lösbarkeit

durch CO₂-hältige Wässer bewirken eine hohe Aufnahmefähigkeit, wie auch die Ausbildung weitverzweigter unterirdischer Wasserwege. Für diese, und damit auch für Lage und Art der Quellaustritte sind in hohem Maße geologischer Aufbau und tektonische Beanspruchung verantwortlich.

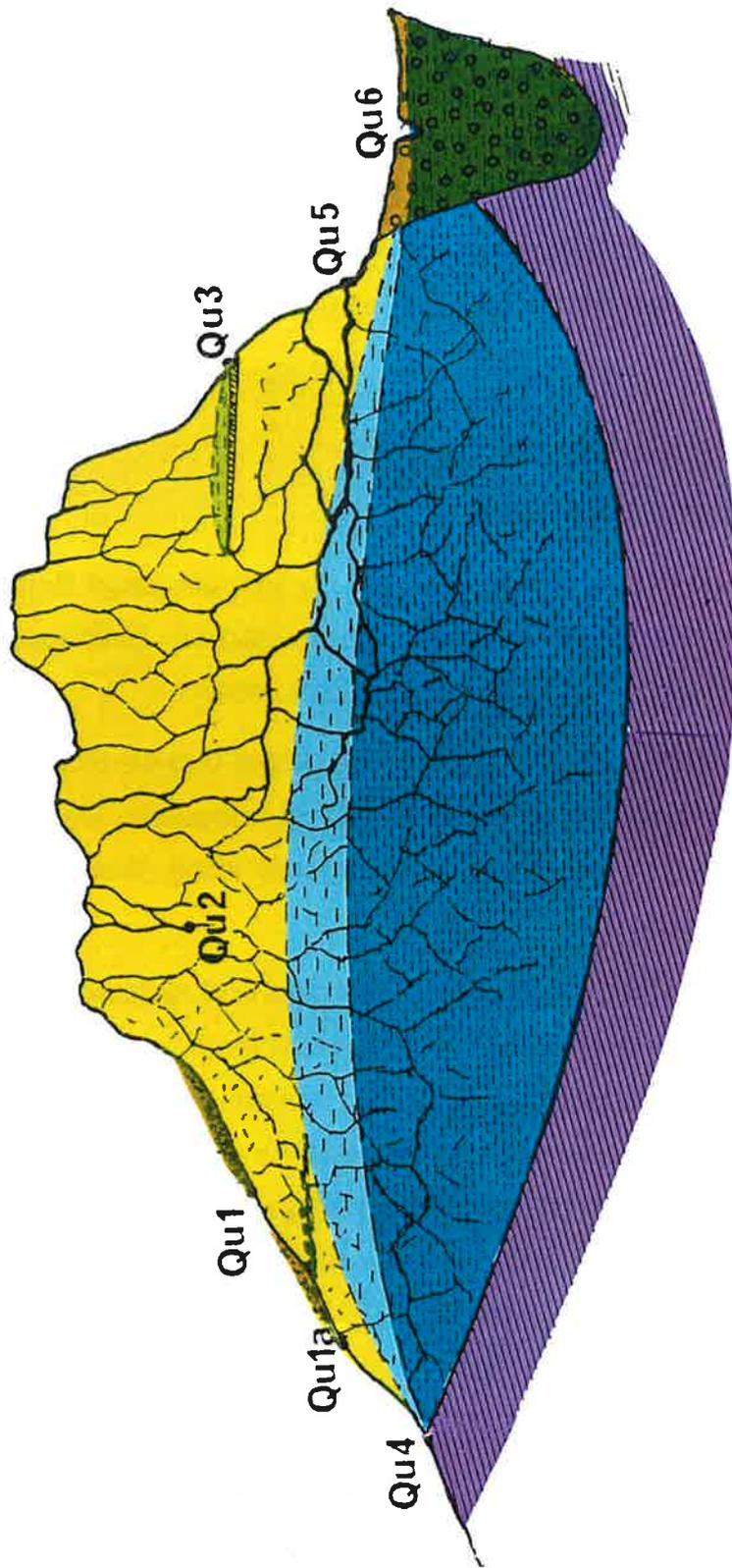
Wie aus einem schematischen Querschnitt (Abb. 2) zu ersehen ist, sind in Kalkgebirgen mehrere Quelltypen vertreten, und werden diese bei einer systematischen Quellbeobachtung zu berücksichtigen sein.

Schuttquellen (1) sind von eher geringer Bedeutung und oft nur bei Wasserüberangebot (Schneesmelze, Dauerregen), weniger durchlässigem Untergrund (Dolomit) oder bindigem Material (Moränen) aktiv. Bei vielen aus Schutt austretenden Quellen handelt es sich um Folgequellen (1a).

Kluftquellen (2) können auch in höheren Gebirgsregionen vorkommen, wenn Wasserwege durch das Auslaufen von Kluftsystemen oder Einschwemmungen enden. Die Schüttung ist meist äußerst gering. Größere Schüttungen können hingegen in Zusammenhang mit Störungen oder Zerreibungszone erreicht werden, wenn Kluftsysteme und Wasserwege dadurch unterbrochen werden und eine konzentrierte Ableitung finden. Teils findet auch ein Rückstau durch vorgelagerte Sedimente (Moränen, Schutt) statt.

In verkarstungsfähigen Kalken sind häufig wasserstauende Schichten eingelagert oder liegen sie solchen auf. An solche Stauschichten gebundene Schichtgrenzquellen (3) sind relativ häufig und können auch beachtliche Schüttungen erreichen.

Ein auf Grund guter Speicherungsbedingungen wichtiger Quelltyp sind die an die Basis der Gebirge gebundenen Überlaufquellen (4). Sie entstehen, wenn Karstmassive einem wasserstauenden Untergrund aufliegen und die sich im Berg sammelnden Wässer konzentriert, meist an einem Tiefpunkt austreten.



- Qu. 1 Schuttquelle
- Qu. 1a Folgequelle
- Qu. 2 Kluftquelle
- Qu. 3 Schichtgrenzqu.
- Qu. 4 Überlaufquelle
- Qu. 5 Kluftquelle
- Qu. 6 Grundwasserqu.

Abb. 2: Entwässerungsschema und wichtigste Quelltypen eines Kalkmassivs

Solche "Riesenquellen" können bis mehrere m³/s Schüttung erreichen und über ganze Gebirgsstöcke umfassende Einzugsgebiete verfügen.

Die hohe Durchlässigkeit und Wasserwegigkeit verkarstungsfähiger Kalke bewirken eine meist rasche Reaktion von Karstquellen auf Niederschläge bzw. starke Schwankungen der Schüttung. Die geringe Verweildauer wirkt sich in Form einer relativ geringen Karbonathärte und Gesamtmineralisation aus.

Karbonatgesteine sind in der Steiermark aus fast allen Erdzeitaltern vertreten:

a.) Kalke des Tertiärs (Leithakalke)

Bei diesen sogenannten Leithakalken handelt es sich um junge Riffbildungen, die dem teils inselförmig aufragenden paläozoischen Grundgebirge der "Mittelsteirischen Schwelle" auf- bzw. angelagert wurden.

Hauptverbreitungsgebiet sind der Wildoner Buchkogel und die Rücken von Dexenberg über Frauenberg, Aflenz - Retznei bis Ehrenhausen. Östlich der Mur sind sie nur bei Sukdull - Weißenegg, St. Georgen/Stiefing, Wagendorf und St. Anna/Aigen aufgeschlossen.

Die aus Konglomeraten, Kalksandsteinen, Mergeln und Korallenkalken bestehende, bis 150 Meter mächtige Folge ist hydrogeologisch von geringer Bedeutung, eine ausgeprägte Verkarstung ist nur bei Sukdull (E. FABIANI 1973) und vom Wildoner Buchkogel bekannt. Die Entwässerung erfolgt größtenteils in das Grundwasser, wo weitreichende Zusammenhänge erkannt wurden (H. NIEDERL 1972). Eine Quelle an der Basis einer Kiesgrube bei Wagendorf wurde wieder verschüttet.

b.) Kalke der Kreide

Kalkige Entwicklungen mit Verkarstungserscheinungen treten nur vereinzelt auf, wie die Hippuritenkalke und Kalksandsteine bei St. Bartholomä (W. GRÄF, 1972). Sie sind hydrologisch ohne Bedeutung.

c.) Nördliche Kalkalpen

Die nördlichen Kalkalpen umfassen die ausgedehntesten zusammenhängenden Karstgebiete der Steiermark und nehmen in der Quellhydrologie eine entsprechend wichtige Stellung ein. Immerhin entspringen in der Steiermark mehr als 80 % aller bekannten Großquellen mit mehr als 50 l/s durchschnittlicher Schüttung im Bereich der "Nördlichen Kalkalpen" (Abb. 3). Besonders günstige Voraussetzungen ergeben sich hinsichtlich des Dargebotes häufig durch weite, abflußlose Hochflächen und hohe Niederschläge, hinsichtlich der Speicherung und der punktförmigen Konzentration von Austritten durch eine wasserstauende Basis und intensive tektonische Beanspruchung.

Den wesentlichen Anteil am Aufbau der Kalkalpen haben die bis mehrere tausend Meter mächtigen Gesteinsfolgen der Trias, wobei als intensiv geklüftete, gut verkarstungsfähige Gesteine die Reiflinger Kalke, vor allem aber die mächtigen Wettersteinkalke, und die häufig gebankten Dachstein- bzw. Aflenzer Kalke hervorzuheben sind.

Eingelagerte wasserstauende Schichten wie die Reingrabner und Lunzer Schichten, bzw. Cardita- und Raiblerschichten, die Zlambach und Kösserner-schichten bewirken eine hohe Zahl von Schichtgrenzquellen unterschiedlicher, meist jedoch geringer Schüttung.(s. Pkt. 3.3.5.1).

Von großer hydrogeologischer Bedeutung sind hingegen die eine wasserstauende Basis bildenden Werfenerschichten, welche insbesondere bei muldenförmiger Lagerung zu sehr ergiebigen Überlaufquellen führen können.

Im Dachsteinmassiv (J. ZÖTL 1961) ist der Südrand durch eine Reihe an Werfener Schiefer gebundener Überlauf- bzw. Schichtgrenzquellen gekennzeichnet.

Infolge der Lagerungsverhältnisse erfolgt jedoch der Hauptabfluß nach Norden, wo meist an Störungen gebundene Riesenquellen (Gosautal, Waldbachursprung, Hallstätter See, Koppenbrüllerhlöhle, Koppenwinkel) austreten. In der Steiermark sind der Ödensee, Strummern- und die Riedelbachquellen zu nennen, wobei der Gesamtabfluß der Ödensee- und Raasdorfer Traun seit 1951 durch eine Abflußmeßstation erfaßt wird und der Ausbau einer mit Datensammler ausgerüsteten Meßstation am Riedlbach vorgesehen ist. Eine Dokumentation neuerer Unter-

suchungsergebnisse wird durch Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes geboten (UBA 89-28, UBA 91-056).

Das Tote Gebirge wird vom Deckenbau, der wasserstauende Schichten bis in Hochlagen (Tauplitz) brachte, noch mehr jedoch durch junge Bruchtektonik bestimmt (J. ZÖTL, 1961). Am Südfuß der Tauplitz können eine bestehende Meßanlagen am Sagtümpel, sowie in der Gnanitz am Grimmingbach reaktiviert werden.

Im Norden ist die Reaktivierung einer Meßstelle auf der Vordernbachalm möglich, besteht jedoch vor allem Interesse an einer Messung der Strimitzbachquellen, sowie der Kaltwasserquellen am Augstbach (Schichtgrenzquellen über Lias Fleckenmergel aus dem isolierten Kalkstock des Sandling). Die starken Zutritte zum Altausseer See (Liagern), wie auch die zum Grundlsee werden derzeit über den Gesamtabfluß der Seen erfaßt.

Die Hauptabflüsse erfolgen jedoch nach Norden (Gimbach-Schwarzenbach, Brunneckquelle-Offensee, Almbachquellen, Höllbachquellen, Steyr-Ursprung).

Der isolierte Kalkstock des Warschenecks (B. KRAUTHAUSEN 1980 unv.) entwässert ebenfalls überwiegend nach Norden (Steyr-Ursprung, Pießlingursprung, Teichlursprung).

In der Steiermark ist der Weißenbachursprung der stärkste Austritt, doch erfolgt bei Niederwasser der Übertritt des Karstwassers unterirdisch in das Talgrundwasser.

Die Gesamtmenge wird derzeit bei Weißenbach mittels einer Meßanlage erfaßt. Durch Abzug des ebenfalls durch Meßeinrichtungen erfaßten Durchflusses des Langpoltenbaches (Fallbachquellen) und Mosergrabens kann auf die Schüttung der Weißenbachquellen rückgeschlossen werden.

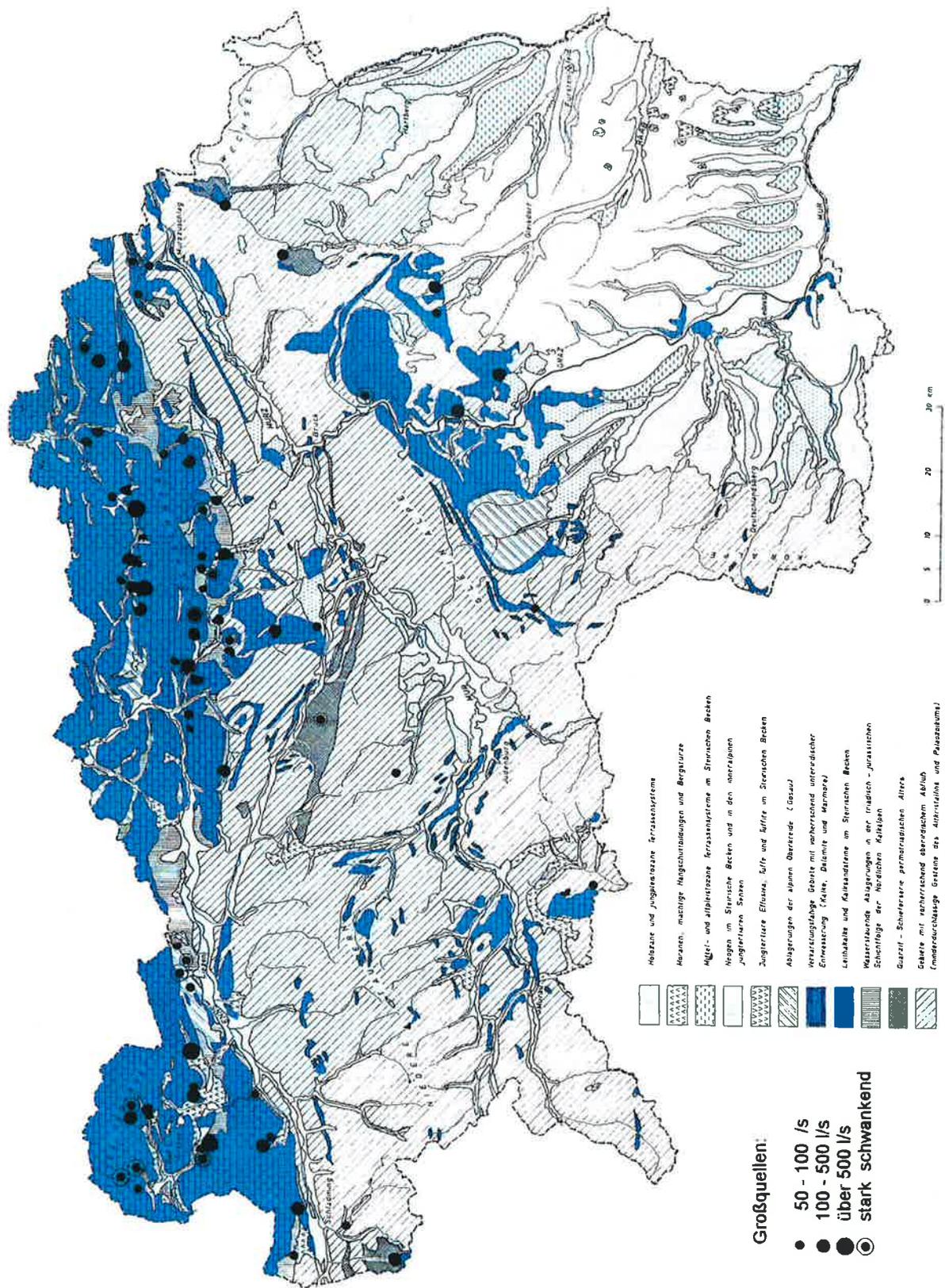


Abb. 3: Karstgebiete und Großquellen in der Steiermark

In den nördlichen Gesäusebergen sind auf Grund eingehender Quelluntersuchungen (W. KOLLMANN, 1983) mehrere Großquellen wie die Tamischbachquellen, Weißenbachquellen, Pulvermacherquellen oder die Karstquellen nördlich Gstatterboden bekannt, südlich der Enns wurden im Zuge eines Forschungsauftrages an das Institut für Hydrogeologie und Geothermie (Joanneum Research) die Quellen der Eisenerzer Alpen und der Gesäuseberge aufgenommen und wurden Meßanlagen bei Johnsbach, am Hartelsbach und zur Erfassung von Karstwasserzutritten Anlagen am Stubbach bzw. Radmerbach errichtet.

Je eine Meßanlage besteht seit 1980 an der das Kaiserschildmassiv entwässernden Quelle in der Kalten Fölz und am Ausgang der Eisenerzer Ramsau.

Die überaus ergiebigen Karstquellen am Nordrand des Hochschwabmassives (J. ZÖTL 1961, F. TRAUTH 1948) werden zum Großteil nunmehr schon ein Jahrhundert genutzt und beobachtet (Schreierklammquelle, Siebenseequellen, Seisensteinquelle, Brunenseequelle, Antenkarquelle, Kläfferquelle, Höllbachquelle, im Norden die Holzäpfelthalquelle, die Kräuterbrunnquelle, die Pirknerquelle).

Im Süden und Westen des Hochschwabmassivs wurde durch Quellaufnahmen und wasserwirtschaftliche Untersuchungen der wasserwirtschaftlichen Planung des Amtes der Stmk.Landesregierung (E. FABIANI, 1980) festgestellt, daß auch dieser Gebirgstheil dank einer muldenförmigen Lagerung des wasserstauenden Untergrundes über bedeutende Quellwasservorkommen verfügt. Hier sind seit nunmehr 20 Jahren Meßanlagen an fast allen bedeutenden Quellen und Abflüssen in Betrieb. So an der Schwarzen Lacke (Karstquelle), im Seeatal, und beim Leopoldsteinersee (Karst- u.Grundwasserquellen), an den Kreuzteichquellen der Laming, und der Kammerhoferquelle bzw. am Ilgnerbach (Grundwasserquellen als Überlaufquellen), am Fölzbach (Dolomitkarst), im Feistritzgraben ober und unterhalb der Pertlquelle (starke Schichtgrenzquelle über Reingrabner Schiefen), sowie im Seetal und Seegraben (Grundwasserauftriebe als Überlaufquellen).

Ebenfalls durch Quellaufnahmen und Untersuchungen der wasserwirtschaftlichen Planung stehen auch einige Quellen des Oberen Mürztales seit mehr als 10 Jahren unter Beobachtung so Überlaufquellen aus der Hohen Veitsch

(Rodlbach, Brunntalquelle), und mehrere Grundwasserauftriebe (Blahnikquelle, Faschingbodenquelle, 2 Quellen im Dobreintal).

Östlich der Mürz hat die Höhlenquelle "Totes Weib" große Bekanntheit erlangt, ebenso wie die Siebenquellen, deren Einbeziehung in die 1. Wiener Hochquellenleitung und die damit verbundenen Stollenbauten in der Schneealpe hochinteressante Aufschlüsse über den Wasserhaushalt im Inneren des Berges brachten (F. BAUER 1969, T.E. GATTINGER 1973).

d.) Karbonatgesteine des zentralalpinen Mesozoikums (Semmering Mesozoikum)

Die Rauhwacken, Dolomite, Kalke des sog. Semmeringmesozoikum sind besonders reich an teils ergiebigen Quellen, welche von vielen Gemeinden des Mürztales genutzt werden.

Die im Semmering noch gebirgsbildend vertretenen Schichten setzen sich östlich Kapellen in Form einer steilstehenden Mulde bis Thörl, südlich des Mürztales bis zum Freßnitzgraben fort.

Der besondere Wasserreichtum dieser meist nur geringmächtig vertretenen Schichten ergibt sich daraus, daß Oberflächenabflüsse und Sickerwässer aus dem Kristallin in diesen steilstehenden Schichten zur Versickerung gelangen und jeweils im tiefsten, die Karbonatbänder querenden Talbereich austreten (Wallersbach, Raxenbach, Mürztal, Hirschenbach, Stollingbach, Fuschgrabener, Pretulbach). Meßanlagen bestehen am Raxenbach, bei Kohleben und am Hirschenbach, wo Quellen mit 30 bis 70 l/s Schüttung austreten. Ein erweitertes Beobachtungsprogramm findet in Zusammenhang mit dem Semmeringbasistunnel statt.

Dem Zentralalpiner Mesozoikum ist auch die Steirische Kalkspitze zuzurechnen, wo an der Ursprungsquelle/Preuneggbach der Ausbau einer Meßstelle vorgesehen ist.

e.) Paläozoische Karbonatgesteine

Die paläozoischen Karbonatgesteine des Grazer und des Murauer Paläozoikums sind häufig mit wasserstauenden Gesteinen vulkanischen (Metadiabase, Tuffe) und sedimentären (Tonschiefer) Ursprungs vermengt, wodurch sich verkarstungsfähige Gesteinsfolgen auf wenige Bereiche beschränken.

Im Grazer Paläozoikum sind dies der Schöckl (Andritz Ursprung), die Tannenben bei Peggau (Hammerbach/Lurgrotte), der Hochlantsch (Kaskadenfall) und das Weizer Bergland (Gösserquelle, Finzenquelle, Baummühlquelle), sowie die Kalke und Dolomite des Gradenbachtals bei Köflach (Hemmerquelle).

Die hydrogeologischen Verhältnisse der genannten Gebiete sind durch zahlreiche Untersuchungen und Veröffentlichungen weitgehend bekannt (ZETINIGG 1982, ZÖTL 1959, STADLER 1992, MAURIN 1961, FUCHS 1983, HACKER 1991, MAURIN 1957).

Neben der bereits ausgebauten Hammerbachquelle wird versucht werden, in jedem der genannten Gebiete eine Quelle in das Beobachtungsnetz einzubeziehen.

Häufiger Wechsel der Ablagerungsbedingungen bzw. der Gesteinsfolgen läßt auch im Murauer Paläozoikum und Gurktaler Paläozoikum nur in beschränktem Maße Verkarstungen zu. Als bedeutendere Karstquellen sind vor allem die Zeuschacher Ursprungsquelle und die Pöllauer Quelle zu nennen, welche in Zusammenhang mit dem Kalkstock der Grebenzen (H. EICHER, 1976) stehen.

Die Einbeziehung einer dieser Quellen in das Beobachtungsnetz ist vorgesehen.

Während die Karbonatgesteine der Grauwackenzone im Bereich des Murtales zwischen Bruck und St. Michael sowie des Unteren Liesingtales (Veitscher Decke) nur geringe Mächtigkeiten aufweisen und für zahlreiche kleinere Quellen verantwortlich sind, erreichen Kalke des Silur und Devon in den Eisenerzer Alpen beachtliche Ausdehnung und Mächtigkeiten. An bedeutenden Quellen sind Zutritte zum Ramsaubach bei Eisenerz, (Wasserversorgung Eisenerz), Quellen des Gößbaches (Wasserversorgung Trofaiach) und die Quellen des Ploderbaches am Fuß des Reiting zu nennen. Am Ramsau- und Gößbach wird wegen teilweiser Ableitung der Quellen für die Wasserversorgung von Eisenerz

bzw. Trofaiach der verbleibende Abfluß durch seit 1981 bestehende Meßanlagen erfaßt.

Gipsvorkommen, wie sie im Haselgebirge des Salzkammergutes, der Ennstalalpen und an der Basis der Werfenerschichten im Hochschwabgebirge vorkommen, können infolge ihrer Wasserlöslichkeit typische Verkarstungsformen aufweisen. Wasserwirtschaftlich sind an solche Vorkommen gebundene Quellen wegen des meist hohen Sulfatgehaltes nicht von Interesse.

3.3.6.2 Beschränkt wasserlösliche Karbonatgesteine (Dolomite, Marmore, Kalkschiefer, Dolomitsandsteine)

a.) Dolomite

Dolomite weisen gegenüber Kalken eine deutlich verminderte Verkarstungsfähigkeit auf. Infolge engstehender Klüftung und grusigen Zerfalls ist auch die Wasseraufnahmefähigkeit vermindert und sind sie häufig durch engstehende Zerrunsung und ausgedehnte Schutthalden gekennzeichnet. Die durch Zufuhr von Magnesium bewirkte Dolomitisierung von Kalken erfolgte häufig stockförmig und ist in unterschiedlichster Ausdehnung in fast allen kalkalpinen Bereichen vertreten.

Typische Quellform in Dolomiten sind kleine, unergiebigere Kluft- und Schuttquellen, wie sie in der Voralpe, der Göstlinger Alpe und den Mariazeller Bergen überwiegen. Doch können in Verbindung mit Störungen, Zerrüttungszonen und wasserstauendem Untergrund auch beachtliche Quellaustritte erfolgen. Langjährig beobachtete Großquellen aus Dolomiten sind die Brunngraben- und Pfannbauernquelle aus der Zeller Staritzen zu nennen (J. ZÖTL, 1961), welche für die zweite bzw. erste Wiener Hochquellenleitung gefaßt wurden. In das Beobachtungsnetz der Hydrographie eingebunden wurden die an eine Störung gebundene Roßlochquelle (Tonion) und die Überlaufquellen am Nordrand der Hohen Veitsch (Brunntal, Veitschgraben bzw. Rodlquelle).

Gegenüber verkarstungsfähigen Kalken weisen engmaschig zerbrechende Dolomite generell eine Verlangsamung der Wasserbewegung innerhalb des

Kluftnetzes bzw. eine erhöhte Verweildauer und ein größeres Speichervolumen auf. Als Folgewirkung sind eine bessere Filterung, eine ausgeglichene Schüttung, sowie eine höhere Karbonathärte und Gesamtmineralisation typische Merkmale.

Dolomitsandsteine, wie sie vor allem im Grazer Paläozoikum (Rannachdecke) in größerer Mächtigkeit vertreten sind, weisen meist eine nur geringe Wasserdurchlässigkeit auf.

b.) Marmore

Bei Marmoren handelt es sich um durch Gebirgsdruck metamorph gewordene Karbonatgesteine, die häufig wegen ihres hohen Mineralgehaltes eine nur geringe Verkarstungsfähigkeit aufweisen. Ihre meist trotzdem reiche Wasserführung verdanken sie häufig vielmehr einer infolge ihrer Sprödigkeit tiefreichenden Zerklüftung und dem Umstand, daß sie oft steilstehend kristallinen Gesteinen eingelagert sind und so auch bei geringer Mächtigkeit die Funktion einer Sammelschiene für einsickernde Wässer übernehmen.

Weite Verbreitung finden Marmore, häufig in Verbindung mit Pegmatiten, Glimmerschiefern und Amphiboliten, vor allem im Bogen des steirischen Randgebirges und in den Niederen Tauern.

Wasserwirtschaftliche Bedeutung erlangten vor allem die 50 bis 400 m mächtigen Marmore des Stubalm - Gleinalmzuges (Almhaus-, Salla-Marmore) wo bedeutende Karstquellen (Plosquelle, Almbrückenquelle, Stindljörgquelle) für Köflach gefaßt wurden.

Aber auch die wesentlich geringmächtigeren, mineralreichen und meist höher gelegenen Marmore der Koralpe erlangten wasserwirtschaftliche Bedeutung und wurden Quellen für den Wasserverband Koralpe (Bärtalquellen, Spießbachquellen) und den Wasserverband Wies - Eibiswald (Krumbachquellen) gefaßt. Teilweise wurden diese Quellen in das Beobachtungsprogramm einbezogen.

Gegen Norden ziehen sich die Marmore über den Amering - Obdach - Eppen-
stein - Judenburg bis Pöls und von dort letztlich bis Oberzeiring und Brettstein
in die Niederen Tauern. fort, wo sie wieder größere Ausdehnung erreichen.

Sind dort die mineralreichen Marmore eines tieferen Stockwerkes wie die am
Melleck, Schoberspitz, Deneck, Greim oder Preber meist nur linsenförmig ver-
breitet, sind die Marmore eines höheren Stockwerkes (Hirnkogel, Gumpeneck,
Sölker Marmor) wesentlich mächtiger entwickelt, reiner und vermutlich jüngeren
Alters.

Geringmächtige Lagen von Marmoren finden sich auch in der Grauwackenzone,
wie auch im Grazer und Murauer Paläozoikum. Sie sind auf Grund der be-
schränkten Ausdehnung jedoch meist nur für kleinere Quellaustritte verant-
wortlich.

c.) Kalkschiefer und Dolomitsandsteine weisen ebenfalls nur eine geringe Ver-
karstungsfähigkeit auf, doch sind auch stärkere Karstquellen wie die Boarquel-
le (Weizer Bergland) möglich.

3.3.6.3 Nicht wasserlösliche Festgesteine mit überwiegend unterirdi- scher Entwässerung

Quarzite

Unter den nicht verkarstungsfähigen Festgesteinen nehmen Quarzite eine ähn-
liche Stellung wie Marmore und Dolomite ein, indem diese spröden Gesteins-
körper eine oft tiefreichende Zerbrechung aufweisen und dadurch gegenüber
umgebenden Gesteinen eine erhöhte Wasserleit- und Speicherfähigkeit auf-
weisen. Die Zerbrechung, bzw. Wasseraufnahmefähigkeit stehen im engem
Zusammenhang mit dem oft recht unterschiedlichen Quarzgehalt, doch zeigt
sich immer wieder, daß relativ starke Quellen an diese Gesteinskörper gebun-
den sind. Die Austritte erfolgen oft, wie bei Karstquellen ohne äußere Merkma-
le wie Quellnischen direkt aus dem Gesteinskörper.

Die wichtigsten Vorkommen in der Steiermark werden als zentralalpine Sedimente permotriadischen Alters eingestuft und dem mittel- und unterostalpinen Deckenstockwerk zugeordnet. Von den Hauptverbreitungsgebieten her wurden die Bezeichnungen „Semmeringquarzit“ und „Rannachserie“ namengebend.

Quarzite des „Unterostalpinen Deckenstockwerkes“ treten bei Birkfeld als sogenannte „Fischbacher Fenster“ verbreitet auf und soll eine starke, nahe Falkenstein austretende Quelle in die Beobachtung einbezogen werden. Quarzite dieses Types sind auch am Pfaffensattel bis in das Wechselgebiet reichend und in Verbindung mit dem „Semmering Mesozoikum“ nördlich Mürzzuschlag verbreitet. Weiters treten sie im Bereich der „Steirischen Kalkspitze“ südwestlich Schladming auf.

Quarzite des „mittelostalpinen Deckenstockwerkes“ treten vor allem südwestlich des Palten- Liesingtales an der Basis der Grauwackenzone verbreitet auf (Rannachserie). Ihre größte Ausdehnung erreichen die Quarzite im Tal des Hagenbaches, wo eine am Fuße eines Blockgletschers austretende Großquelle beobachtet werden soll. Nördlich Gaishorn tauchen sie als „Fenster“ in der Flietzenschlucht auf. Diese Quarzite setzen sich als schmales Band südlich des Murtales bis Bruck fort. Quarzite kommen auch im Murauer Paläozoikum vor.

Erfahrungen bei der Erschließung von Wasservorkommen haben gezeigt, daß man künftig diesem Gesteinstyp mehr Beachtung zu schenken sein wird.

3.3.7 Chemische Eigenschaften

Wasser hat die Eigenschaft, beim Durchströmen eines wasserleitenden Mediums mineralische, in geringen Mengen auch organische Stoffe aus diesem zu lösen und entsprechende chemische Eigenschaften anzunehmen.

In welchem Maße diese Aufnahme erfolgt, hängt einerseits von der Lösbarkeit des durchströmenden Gesteins, andererseits von der Intensität und Dauer des Kontaktes ab. So bleiben zum Beispiel beim raschen Durchströmen großlumiger Karstschläuche Karbonathärte und Gesamtmineralisation gering, steigen hingegen beim langsamen Durchströmen kalkalpiner Schotter deutlich an.

Hinsichtlich des Einflusses der Geologie auf die Hydrochemie sei auf die Arbeit von U. MAGER (1979) verwiesen.

Jedoch schon bei einer Erstbeurteilung im Rahmen einer Quellkartierung können aus wenigen Parametern wie Gesamtmineralisation (elektr. Leitfähigkeit), pH Wert und Quelltemperatur wertvolle Hinweise auf Art und Qualität der Quelle wie auch des Einzugsgebietes gewonnen werden.

Insbesondere bei Schuttüberdeckung der Austrittsstelle und näheren Einzugsgebiete ergeben sich schon daraus ob es sich um saures oder basisches, um weiches oder hartes Wasser handelt, Hinweise darauf, ob es sich um Gesteine der Gruppe

Saure Silikatgesteine (Granitgneise, Schiefergneise, Glimmerschiefer, Phyllite, Grauwackenschiefer)

basische Silikatgesteine (Amphibolite, Hornblendeschiefer, Serpentine, Chloritschiefer)

Karbonatgesteine (Kalke, Marmore, Dolomite, Kalkschiefer, Mergeln) oder **Mischgesteine** (Sandsteine, Hornblendegneise, Tonschiefer, Kalkglimmerschiefer)

handelt.

So konnten z.B. im Koralpenbereich wasserführende Marmorzüge auf Grund erhöhter Leitfähigkeitswerte von Quellaustritten verfolgt und erschlossen werden.

Nach einer von ANDERLE, N., 1969 getroffenen Gliederung entsprechen

- **weiche Quellwässer** Glimmerschiefern, Gneisen und Phylliten
- **mittelharte Quellwässer** Grünschiefern, Amphiboliten, Serpentin und Hornblendeschiefern
- **harte Quellwässer** Kalkphylliten u. Kalkschiefern

Kalkalpine Gesteine weisen recht unterschiedliche Werte auf, wobei großlumigen Wasserwegen folgende Großquellen meist weiche Wässer, langsam

durchströmte Dolomite, Hangschutt und Schichtgrenzquellen harte Wässer aufweisen.

Desgleichen ergeben sich aus der Wasserstoffionenkonzentration Hinweise auf den Gesteinsbestand

- alkalisch bis schwach sauer (pH - Werte von 7,8 bis 6,8) reagieren Quellwasser aus Glimmerschiefern, Gneisen und Phylliten
- basisch bis stark basisch (pH - Werte von 7,6 bis 8,2) Quellen aus Schiefen, Kalkschiefern, Kalkphylliten, Marmoren und Serpentin
- mäßig basisch (pH - Werte von 7.5 bis 7.9) reagieren Quellen aus Grünschiefern, Amphiboliten, Hornblendeschiefern, Diabasen, sowie aus Kalken und Dolomiten.

Hinweise auf Art und Tiefgang der Wasserwege, wie auch die Verweildauer ergeben sich insbesondere bei einheitlichen Einzugsgebieten außer der Leitfähigkeit auch aus der Quelltemperatur.

Tiefe, gleichmäßige Temperaturen weisen auf tief in das Berginnere reichende Kluftsysteme und lange Verweildauer, höhere, schwankende Temperaturen auf seichtliegende Wasserwege hin.

Grundsätzlich ist in Übereinstimmung mit der Fachabteilung Ia, Referat für Gewässeraufsicht vorgesehen, das seitens des Hydrographischen Dienstes für eine Dauerbeobachtung vorgesehene Quellmeßstellennetz soweit in die Erhebung der Gewässergüte einzubeziehen, daß aus jedem der wichtigen, angesprochenen Gesteinstypen zumindest eine Quelle einer systematischen chemischen Beobachtung zugeführt wird. Für die nähere Auswahl solcher Quellen liefern die aus ersten, flächendeckenden Quellkartierungen hervorgegangenen Grundparameter eine wesentliche Entscheidungshilfe.

3.4 LITERATURVERZEICHNIS

- ALKER; A.: Gesteinsaufbau und Wasserführung in der Koralpe. Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 31, Graz 1975.
- ANDERLE; N.: Hydrogeologie des Murtales, Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Band 12, Graz 1969.
- BAUER; F.: Karsthydrologische Untersuchungen im Schneealpenstollen in den steirisch - niederösterreichischen Kalkalpen, Steirische Beiträge zur Hydrogeologie, 1969, Bd. 21, Graz 1969.
- BISTRITSCHAN; K.: Die Talalluvionen des Mitterennstales. Verh. Geol. BA 1956, Heft 2, Wien 1956.
- EBNER; F.: Erläuterungen zur geologischen Basiskarte 1: 50.000 der Naturraumpotentialkarte „Mittleres Murtal“, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr. 29, Wien 1983.
- EICHER; H.: Die Entwässerung des Grebenzenkalkstockes und seine Neukartierung im Kärntner Bereich, Carinthia II, 166/86 Jg., Klagenfurt 1976.
- FABIANI, E.: Morphologische Studien in den südlichen Niederen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des Spätglazials, Arbeiten des Geogr. Inst. Univ. Graz, Graz 1969.
- FABIANI; E.: Grundwasseruntersuchungen im nordöstlichen Leibnitzerfeld, Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 23, Graz 1973.
- FABIANI; E.: Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet - Teil IV - Untersuchungen im Tragößtal. - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 47, Graz 1980.
- FABIANI; E.: Grund- und Karstwasseruntersuchungen im Hochschwabgebiet - Teil V - Untersuchungen in den südlichen Hochschwabtälern (Ilgenental - Seegraben) - Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 48, Graz 1980.
- FLÜGEL; H.: Die Geologie des Grazer Berglandes, 2. Auflage, Mitt. Abt. Geol. Joanneum, SH 1, Graz - Wien 1975.
- FLÜGEL; H., u. F. NEUBAUER: Steiermark, Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1: 200.000, (mit ausführlichem Literaturverzeichnis), Geol. B.A., Wien 1984.
- FUCHS; G.: Der Karst am Ostufer der Weizklamm, Berichte der wasserwirtschaftl. Rahmenplanung Bd 65, Graz 1983.
- GATTINGER; T.E.: Geologie und Baugeschichte der 1. Wiener Hochquellenleitung (Steiermark - Niederösterreich), Abh. Geol. B.A. 30, Wien 1973.
- GRÄF, W.: Die Gosau von Kainach und St. Bartholomä, Der Aufschluß 22, Heidelberg 1972.
- HACKER, P.: Karsthydrologische Untersuchungen im Weizer Bergland. Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 71, Graz 1991.
- KARRENBURG; H.: Hydrogeologie der nichtverkarstungsfähigen Festgesteine, Springer Verlag, Wien New York 1981.
- KOLLMANN, W.: Hydrogeologische Untersuchungen in den nördlichen Gesäusebergen, Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 66, Graz 1983.

- MAGER, U.: Zur Geologie im Raume Eisenerz - Radmer und zu ihrem Einfluß auf die Hydrochemie der dortigen Grundwasser, Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 42, Graz 1979.
- MAURIN, V. und ZÖTL, J.: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. Steir. Beiträge zur Hydrogeologie, Graz 1959.
- MAURIN, V.: Hydrogeologie und Verkarstung. In: H. Flügel: Die Geologie des Grazer Berglandes. 2. Aufl., Mitt. Abt. Geol. Joanneum, SH 1, Graz - Wien 1975.
- MAURIN, V. und ZÖTL, J.: Hydrogeologie und Verkarstung der Steiermark (Kartenblatt 10) . Hauptverkarstungsgebiete der Steiermark (Kartenblatt 11), In: Erl. z. Atlas d. Strmk., Graz 1973.
- METZ, K.: Grundzüge des geologischen Baues der Steiermark. In: Die Steiermark, Land- Leute - Leistung, II. Auflage, Graz 1971.
- NIEDERL, H.: Überraschende Ergebnisse von Grundwasserentnahmen im südlichen Grazer Feld, Steir. Beitr. Hydrogeol. 24, Graz 1972.
- RICHTER, W., u. W. LILLICH: Abriß der Hydrogeologie, Stuttgart 1975.
- STADLER, H.: Karsthydrologische Untersuchungen im Einzugsgebiet des Mixnitzbaches, Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd. 74, Graz 1995.
- TRAUTH, F.: Geologie des Kalkalpenbereich der Zweiten Wiener Hochquellenleitung, Abh., Geol. BA Wien, Bd 26, Heft 1, Wien 1948.
- THURNER, A.: Hydrogeologie, Springer Verlag 1967.
- UMWELTBUNDESAMT REPORTS: Verf.: HERLICKA, H. und HOBINGER, G.:
- Karsthydrologische Untersuchungen im westlichen Dachsteinmassiv in Hinblick auf die Erlasung einer Wasserschongebietsverordnung (Markierungsversuche Dachstein West 1990) UBA 91 - 056, BM f. Umwelt, Jugend u. Familie, Wien 1991.
- UMWELTBUNDESAMT REPORTS: Verf.: HERLICKA, H. und GRAF, K.:
- Dokumentation Karsthydrologischer Untersuchungen, UBA 92 - 057, BM. f. Umwelt, Jugend u. Familie, Wien 1992.
- UNTERSWEG; Th. u. SCHWENDT, A.: Die Quellen der Blockgletscher in den Niederen Tauern. Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 78, Graz 1995.
- ZETINIGG; H. u.a.: Die Quellen des Schöcklgebietes. Berichte der wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung, Bd 60, Graz 1982.
- ZETINIGG, H.: Die nutzbaren Wasservorkommen der Steiermark. Steiermark - Information 8, Graz 1988 und in ÖWWV Regelblatt 201, Wien 1984, (Leitlinie für die Nutzung und den Schutz von Karstwasservorkommen für Trinkwasserzwecke).
- ZÖTL, J.: Die Hydrographie des nordostalpinen Karstes. Steir. Beiträge zur Hydrogeologie, Jahrgang 1960/61.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ernst Fabiani
Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung IIIa - Wasserwirtschaft
Hydrographische Landesabteilung
Stempfergasse 7
8010 Graz

4 DIE ERHEBUNG DER WASSERGÜTE VON QUELLEN NACH DER WASSERGÜTEERHEBUNGSVERORDNUNG (BGBL. NR. 338/91) IN DER STEIERMARK

Im Rahmen der Wassergüteerhebung gemäß der Wassergüteerhebungsverordnung (BGBl.Nr. 338/91) werden seit 1992 quartalsweise österreichweit Grundwasseruntersuchungen durchgeführt. Die rechtliche Basis für die Erhebung der Wassergüte ist im Wasserrechtsgesetz 1959 in der Fassung der Novelle 1990, BGBl. Nr. 252/90, verankert. Im Hydrographiegesetz in der Fassung der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 werden der Umfang und die Zielsetzungen der Erhebung der Wassergüte vorgegeben.

Die Wassergüte wird an festgelegten Meßstellennetzen in regelmäßigen Zeitabständen, mit einheitlichem Parameterumfang und mit gleichwertigen Methoden erhoben. Ziel der Verordnung ist die flächenhafte Erkennung und Beschreibung der Wassergüte und der Erfassung überörtlich wirksamer Wasserunreinigungen anhand eines - wenn auch grobmaschigen - flächendeckenden Meßstellennetzes. Nicht nur die bedingt durch den geogenen Hintergrund auftretenden natürlichen Verunreinigungen, sondern auch anthropogene Verunreinigungen, sowie auch das Erkennen diffuser Einträger aus Problembereichen sind wichtige Möglichkeiten zum Erfassen langfristiger regionaler Trends der Wasserbeschaffenheit.

Bei negativen Entwicklungstendenzen steht als Steuerungsinstrument die Einleitung von Sanierungsmaßnahmen gemäß Wasserrechtsgesetz zur Verfügung.

Nicht nur in Grundwassergebieten mit hoher Wasserführung, welche vor allem in den Tal- und Beckenlandschaften mit meist quartären Schotterkörpern liegen, sondern auch in Gebieten mit Karst- und Kluftwasserführung, welche sich in den alpinen Räumen befinden, wird nunmehr die Erhebung der Wassergüte

durchgeführt. Um die Entwicklungstendenzen der Grundwassergüte auch im alpinen Bereich erfassen zu können, werden hierfür geeignete Quellen ausgewählt, die aufgrund ihrer Lage und der Nutzung des Einzugsgebietes (z.B. Forstwirtschaft) für die betrachtete Region repräsentativ erscheinen. Auch Bereiche mit kleineren Quellwasservorkommen sollten miteinbezogen werden, da die Kenntnis der Wasserqualität für die lokalen Wasserversorgungen oft wichtig ist.

Um zu gewährleisten, daß österreichweit alle relevanten Parameter auch regional periodisch untersucht werden, sind in der Wassergüteeerhebungsverordnung der Untersuchungszyklus, die Untersuchungshäufigkeit und der Untersuchungsumfang festgelegt.

Ein Untersuchungszyklus mit jeweils einer Dauer von 6 Jahren umfaßt:

- * 1 Jahr Erstbeobachtung
- * 1 Jahr quartalsweise Wiederholungsbeobachtung
- * 4 Jahre Wiederholungsbeobachtung mit allenfalls reduzierter Frequenz

und wird in ununterbrochener Abfolge wiederholt.

Die Erstbeobachtung hat den größten Parameterumfang, sie umfaßt:

- einen immer gleichbleibenden Block von Grundparametern (Parameterblock 1),
- einen Block von generell für die Erstbeobachtung festgelegten Parametern (Parameterblock 2),

sowie

- eine Auswahl von Parametern (Parameterblock 3), die aufgrund ihrer generellen oder
- örtlichen Wahrscheinlichkeit des Auftretens untersucht werden sollen.

Die Wiederholungsbeobachtung umfaßt:

- einen immer gleichbleibenden Block von Grundparametern (Parameterblock 1),
- jene Parameter der Parameterblöcke 2 und 3, die bei der Erstbeobachtung Auffälligkeiten zeigten.
- Weitere Parameter: Parameterblock 3, die zur periodischen Abdeckung des vorgegebenen Parameterspektrums erforderlich sind.

Bei der Parameterauswahl ist so vorzugehen, daß sich die Menge der zu berücksichtigenden Parameter von den bereits erwähnten gesetzlichen Grundlagen ableitet. Beim Parameterblock 1 finden alle jene Kenngrößen Aufnahme, die zur allgemeinen Beurteilung des Grundwassers jedenfalls erforderlich sind. Im wesentlichen sind dies z.B. das Abstichmaß, Farbe, Trübung, Geruch, Wassertemperatur, Gelöstsauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, Härte, Kalzium, Nitrat, Ammonium, Sulfat, Orthophosphat, DOC.

Der Parameterblock 2 enthält jene zusätzlichen Kenngrößen, die bei jeder Erstuntersuchung zur Gewinnung eines Überblickes bestimmt werden sollen, deren Dauer der Untersuchung ohne konkreten Anlaß jedoch nicht als notwendig angesehen wird. Hier sind die hygienisch besonders relevanten Metalle, der AOX als Summenparameter für die nichtflüchtigen organischen Chlorverbindungen und eine Auswahl an flüchtigen chlorierten Kohlenwasserstoffverbindungen (CKW's) genannt.

Der Parameterblock 3 umfaßt Parameter, denen hinsichtlich ihres Schadstoffcharakters sicherlich große Bedeutung zukommt. Enthalten sind insbesondere sämtliche der in der Trinkwasserpestizidverordnung angeführten Wirkstoffe sowie weitere Stoffe, wie z.B. Benzol, Toluol, Xylol.

Bei der ab 1992 durchgeführten Erhebung der Wassergüte werden derzeit 300 Meßstellen in regelmäßigen Abständen beprobt. Mitte des Jahres 1994 wurden neben den Porengrundwassermeßstellen auch erstmals Quellmeßstellen in das Meßnetz mitaufgenommen. Diese Quellmeßstellen befinden sich in der Oststeiermark im Bereich Rettenegg, Teichalpe, Birkfeld, Pöllau. Wegen der besseren Zugänglichkeit werden Quellen von kleinen Wasserversorgungsanlagen zur Beprobung herangezogen. Bei der Erweiterung des Meßnetzes auf

390 Meßstellen (Endausbau) wird ab Juli 1996 neben Porengrundwassermeßstellen auch ein großer Anteil auf Quellmeßstellen entfallen. Es ist beabsichtigt, 36 Quellmeßstellen der hydrographischen Landesanstalt als Hauptquellmeßstellen zu übernehmen. Die als Hauptquellmeßstellen ausgewiesenen Quellen werden künftig mit Datenloggern ausgerüstet und intensiv beobachtet, wobei im ersten Beobachtungsjahr der Parameterblock 1, die Metalle, die CKW's und zum Teil die Pestizide beobachtet werden und in den Folgejahren nur noch der Parameterblock 1, sofern nicht erhöhte Werte bei anderen Parametern auftreten. Als Nebenquellmeßstellen werden 14 kleinere Quellen in das Meßnetz übernommen. Diese Quellen werden alle 2 Jahre beobachtet, wobei für den Parameterumfang des 1. Beobachtungsjahres und der Folgejahre dasselbe wie für die Hauptquellmeßstellen gilt. Eine Ausrüstung mit Datenloggern ist hier nicht beabsichtigt.

Im Beobachtungsjahr 1996/97 werden bei sämtlichen Quellmeßstellen Isotopenmessungen (Tritium, Sauerstoff-18) durchgeführt, um auch Aussagen über Alter und Einzugsgebiete zu erhalten.

Für die räumliche Einteilung der Karst- und Kluftwassermeßstellen wird die Gebirgsgruppengliederung für das Österreichische Höhlenverzeichnis (Trimmel 1962) herangezogen.

Die Untersuchungen werden von Labors, welche aufgrund einer öffentlichen Ausschreibung ermittelt werden, durchgeführt. Die Kosten für die Beobachtungen (Probenahme und Analytik) werden zu zwei Drittel vom Bund getragen und zu einem Drittel aus Landesmitteln bestritten. Die Kosten für die Errichtung von Meßstellen bzw. von Meßeinrichtungen werden vom Bund zur Gänze übernommen.

Anschrift des Verfassers:

OBR Dipl. Ing. Heimo Stadlbauer
Fachabteilung Ia (Technik und Umweltschutz)
Landhausgasse 7, 8011 Graz

5 RICHTLINIE FÜR QUELLAUFNAHMEN

Die im folgenden Abschnitt wiedergegebenen Richtlinien wurden durch E. FABIANI 1971 erstellt. Alle, die einen Auftrag für die Durchführung von Quellkartierungen durch das Referat erhielten, wurden verpflichtet, sich an diese Richtlinien zu halten.

Richtlinien für Quellaufnahmen

1.) Zur Quellaufnahme notwendige Geräte und Arbeitsbehelfe:*

a) Geräte:

Für die Quellaufnahme benötigt werden je ein
Meßkübel, Fassungsvermögen mindestens 10 l mit Maß-
einheiten,
eventuell auch ein kleineres Gefäß für geringere
Schüttungen,
Rinne (Dachrinne), Mindestlänge 1 m für die Messung,
Klappspaten zum Einfangen der Quellen,
Stoppuhr mit 1/5" oder 1/10" Skala,
Thermometer, geeicht mit 1/10°C Einteilung,
Leitfähigkeitsmeßgerät mit Elektrode,
pH-Meter mit Elektrode,
Höhenmesser,
weilers:
Plastikflaschen für Proben bei Bedarf,
Reservebatterien bei Bedarf.

Die technischen Meßgeräte sind, mit Inventarnummern versehen, in einer Ledertasche zusammengefaßt. Da diese Geräte nicht nur sehr empfindlich, sondern auch sehr kostspielig sind, wird um äußerste Vorsicht und Schonung ge-

* Sämtliche Geräte und Arbeitsbehelfe können beim Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung (Herrn Schmidt) besorgt werden, wobei gegebenenfalls eine Anleitung zur Bedienung der Meßgeräte erfolgt.

beten; Treten Fehler und Schäden an Geräten auf, sind diese umgehend zwecks Reparatur zurückzubringen. Wird die Aufnahmetätigkeit länger als 1 Woche unterbrochen, sind die Geräte ebenfalls beim Referate abzugeben, da erfahrungsgemäß damit stets eine Aushilfemöglichkeit für sich in Reparatur befindliche Geräte geschaffen werden kann.

Das Leitfähigkeitsmeßgerät kann, sobald die Batteriespannung nachläßt, beim Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung mittels Ladegerät wieder aufgeladen werden. Es sind 14 Stunden Ladezeit nötig.

b) Arbeitsbehelfe:

Übersichtskarte 1:50.000 mit eingetragendem Arbeitsgebiet,
Aufnahmekarten 1:10.000 und 1:25.000,
Quellkatasterblätter,
Übersichtstabellen für Quelldaten
Mappen für den Quellkataster

Sämtliche weiteren Arbeitsunterlagen, wie Zeichenschlüssel, Farbskalen, Korrekturtabelle für Leitfähigkeit und diverse Muster sind in den Richtlinien enthalten. Pausen von den Karten und weitere Quellkatasterblätter können jederzeit nachgefordert werden.

2.) Zur Aufnahme der Quellen:

Bei der Quellaufnahme sind folgende Grundsätze zu berücksichtigen?

- a) Aufzunehmen ist jede Quelle, wobei die Höhenlage, die Schüttung, die Temperatur, der pH-Wert und die Leitfähigkeit zu messen sind. Auch gefaßte Quellen sind aufzunehmen und soweit möglich zu messen. Auf die komplette Messung sollte möglichst nur dann verzichtet werden, wenn mehrere nebeneinander liegende Austritte gleiche Werte erwarten lassen und Quellen offensichtlich eine Schüttung von $0,1 \text{ l/s}$ bzw. 6 l/min unterschreiten. Diese sollen trotzdem in den Lageplänen und im Kataster als solche vermerkt werden.

Die Schüttungsmessung erfolgt mittels Kübel und Rinne nach $1/\text{s}$ bzw. $1/\text{min}$, wobei die Quelle nahe ihrem Austritt und möglichst vollständig erfaßt werden soll. Außer Einzelquellen sollen jedoch auch Gesamtabflüsse von Quellbächen unmittelbar nach dem Zusammenfluß mehrerer zusammengehörender Quellen, wie auch Quelläste und Seitenbäche vor Eintritt in den Hauptbach erfaßt werden, um unterirdische Zuflüsse zu erfassen und Daten für eine Gesamtbilanz zu erhalten. Ist die Schüttung so groß, daß sie an einem Punkt nicht mehr erfaßt werden kann, kann der Bach auch in mehrere parallele Arme aufgegliedert werden, wo dann eine Messung möglich ist.

- b) Vor Beginn der Aufnahmetätigkeit ist täglich der Höhenmesser auf einem in der Karte verzeichneten Fixpunkt einzustellen, im Laufe des Tages ist die Richtigkeit der Höhenanzeige so oft als möglich zu kontrollieren.
- c) Die Aufnahme ist nach Möglichkeit systematisch vorzunehmen, indem jeweils beim ersten Seitenzubringer eines Einzugsgebietes begonnen wird und dieser mit allen seitlichen Zubringern bis ins Ursprungsgebiet verfolgt wird. Die Aufnahme, wie auch die Bezeichnung der Quelle erfolgt umlaufend, wobei es keine Rolle spielt, an welcher Seite des Haupttales begonnen wird. Gliedert sich das Aufnahmegebiet in mehrere dominierende Einzugsgebiete, erfolgt für jedes die Nummerierung der Quellen getrennt, wobei der Anfangsbuchstabe des jeweiligen Einzugsgebietes den Nummern vorangesetzt wird. Eine Trennung im Einzugsgebiet (z.B. rechtes, linkes Bachufer) ist aus Gründen der Übersichtlichkeit auch dann vorzunehmen, wenn die Zahl der Quellen 100 übersteigen würde.
- d) Bei der Aufnahme empfiehlt es sich, einen Notizblock mitzuführen, in den die Lage der Quellen und die Daten an Ort und Stelle eingetragen werden können. Die Signaturen sind im Zeichenschlüssel (Musterblatt 1) zu entnehmen.
- Nach Aufnahme mehrerer Quellen soll jeweils eine Lage-skizze angefertigt werden, welche eine Übersicht über

das Gebiet, die Lage der Quellen zueinander, wie auch über morphologische und geologische Merkmale gibt. Diese Skizze kann dann auf die Katasterblätter oder zu Übersichtsskizzen zusammengezeichnet werden (Musterblatt 2).

- e) Die aufgenommenen Quellen sind kurz zu klassifizieren und zu beschreiben: z.B. Schuttquelle aus Verwitterungsschutt, Blockschutt, Moräne etc., Kluftquelle aus Gneis, Marmor etc. Schichtgrenzquelle z.B. im Tertiär, Sumpfquelle u.a.
- Soweit möglich, sind auch die geologische Situation (z.B. Einfallen von Schichten, Störungen (Gesteinstypen), die morphologische Situation (z.B. Kar, Ver-ebnung, Tobel, Wiesenmulde, Glatthang, Schuttkegel, Moräne, Trockental, Verkarstungserscheinungen u.a.m.), Versickerungen, Wiederaustritte, Überdeckung, Lage in Wald- oder Wiesengebiet, ob die Quelle gefaßt ist und alle Besonderheiten zu beschreiben.
- f) Es empfiehlt sich, die Ergebnisse eines Aufnahmetages noch am Abend, zumindest zum nächstmöglichen Zeitpunkt (z.B. bei Schlechtwetter), in die Katasterblätter einzutragen und die zugehörigen Übersichtsskizzen anzufertigen. Erfolgt bei der Aufnahme eine vorläufige Nummerierung, soll die endgültige Nummerierung erst dann vorgenommen werden, wenn die Reihenfolge in einem Gebiet als sicher gilt. Fällt ein Gerät aus, oder können von

vornherein die Bearbeiter zweier benachbarter Gebiete nur mit einem gemeinsamen Gerät arbeiten, so können in einem gemeinsamen Quartier auch in Plastikfläschchen abgefüllte Proben bearbeitet werden. Dies hat noch am Tag der Probenentnahme zu erfolgen, wobei bei Leitfähigkeitsmessungen auch die Meßtemperatur festzuhalten ist.

- g) Bei Niederschlägen, welche von einer Intensität sind, daß Auswirkungen auf Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit und pH-Wert als möglich erscheinen, sind die Aufnahmen sofort zu unterbrechen und erst dann wieder aufzunehmen, wenn wieder unverfälschte Ergebnisse zu erwarten sind. Dazu kann eine Probeuntersuchung an einer seicht liegenden, bereits untersuchten Quelle vorgenommen werden.
- h) Nach Beendigung der Aufnahmetätigkeit sind die Ergebnisse zwecks Überprüfung beim Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung vorzulegen, wonach eine Auswahl von Quellen getroffen wird, welche einer genaueren chemischen Untersuchung zugeführt werden.

3.) Auswertung:

Die Endausfertigung des Quellkatasters besteht aus einem Bericht, den Katasterblättern und Kartenbeilagen.

- a) Dem Quellkataster ist in Form eines kurzgefaßten Berichtes ein Überblick über Geologie und Morphologie und die wesentlichen Ergebnisse der Quellaufnahme beizugeben.

b) Für jede aufgenommene Quelle ist ein Quellkatasterblatt anzulegen, in welchem sämtliche Angaben über Lage, Art der Quelle, Schüttung, Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, die geologisch-morphologische Situation und eine kleine Handskizze enthalten sind (Musterblatt 3).

Die Nummerierung erfolgt für jedes gesondert ausgeschiedene Einzugsgebiet von eins beginnend umlaufend. Verschiedene Einzugsgebiete werden durch den Anfangsbuchstaben ihrer Bezeichnung gekennzeichnet (z.B. K1, L1 usw.). Der auf 20°C korrigierte Leitfähigkeitswert, wie er aus Musterblatt Nr.4 zu berechnen ist, ist neben dem bei der Quelltemperatur angetroffenen Leitfähigkeitswert anzugeben.

Für zusammenhängende Quellgruppen ist eine Handskizze laut Musterblatt Nr.2 anzufertigen.

Die Katasterblätter sind in einer Mappe mit Klarsichtdeckel (Bene 2311), nach Einzugsgebieten geordnet, einzuheften.

Für jedes Einzugsgebiet ist eine Übersichtstabelle der Quelldaten anzulegen und vor den Katasterblättern einzuheften (Musterblatt Nr.5).

Die Einzugsgebiete sind durch Kartonblätter mit beschrifteten Rücken voneinander zu trennen.

c) Kartenbeilagen:

In jeder Mappe besteht das erste Blatt vor den Katasterblättern aus einer Übersichtskarte (1:50.000, in kleineren Gebieten auch 1:25.000). In dieser sind Einzugsgebiete mit getrennter Nummerierung durch verschiedene Farbschattierungen zu kennzeichnen; die Quellen sind durch kleine, blau eingefasste Kreise mit Nummern einzutragen, wobei nur die stärkeren Quellen durch größere Kreise hervorgehoben werden (Musterblatt Nr.5).

Eine Kopie dieser Übersichtskarte wird nach den Einzugsgebieten als Klapptafel so eingheftet, daß diese aufgeklappt neben den Katasterblättern zu liegen kommt.

Quellkarte 1:10.000:

Von der Kartengrundlage 1:10.000 ist zunächst eine pausfähige Kopie herzustellen, welche Titel, Maßstab, Nordpfeil, Isohypsen, die wichtigsten Höhenkoten, Orts- und Bergnamen, Straßen und Wege sowie das Entwässerungsnetz enthält (Musterblatt Nr.7).

In diese sind die Quellen nach Schüttungsmenge geordnet, gemäß beiliegendem Zeichenschlüssel einzuzeichnen (Musterblatt Nr.8) und mit Nummern bzw. einer Abgrenzung der Einzugsgebiete zu versehen.

Von dieser Grundkarte sind 3 Lichtpausen herzustellen, in welche nach beiliegender Farbskala (Musterblatt Nr.8) die Wertbereiche von Temperatur, Leitfähigkeit und pH

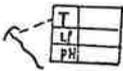
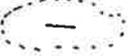
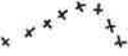
in den zugehörigen Quellkreis eingetragen werden. Es werden demnach auf Grundlage einer Schüttungskarte eine Temperaturkarte, Leitfähigkeitskarte und pH-Karte im Maßstab 1:10.000 hergestellt. Für die Leitfähigkeitskarte sind die korrigierten Werte heranzuziehen. Diese Karten können bei kleineren Gebieten dem Quellkataster beigegeben werden, bei umfangreicheren Arbeitsgebieten wird dafür eine eigene Mappe beigelegt.

Es wird ersucht, die Richtlinien mit der abgeschlossenen Arbeit beim Referat für wasserwirtschaftliche Rahmenplanung zu retournieren.

Graz, 1971

Dr. E. Fabiani

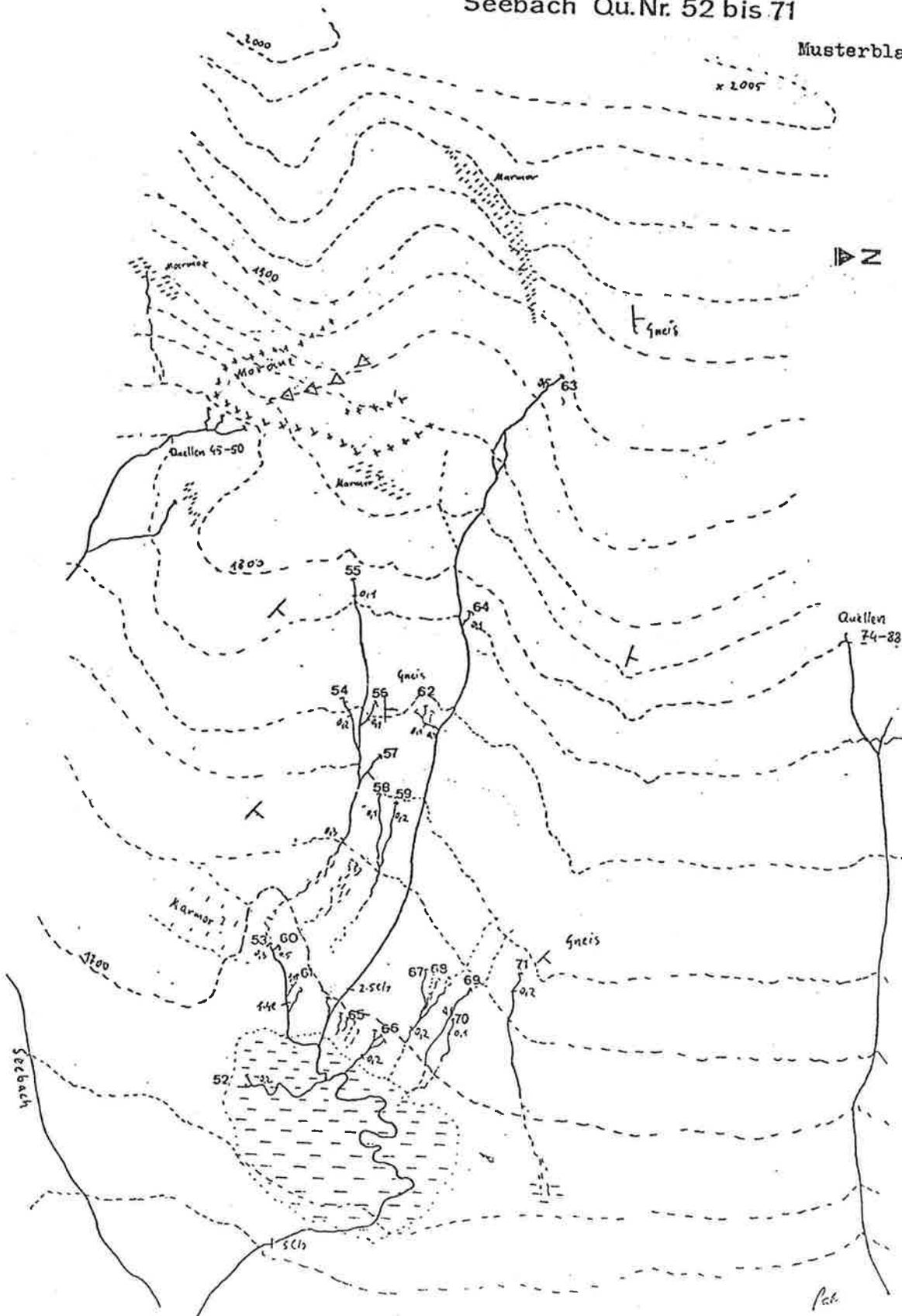
ZEICHENSCHLÜSSEL FÜR QUELLAUFNAHME

	Quelle		Fels anstehend in Richtung des Streichens
	* laufende Nummer		Richtung des Einfallens
	*Datenblock (kann bei Aufnahme auch nach Nummer ge- trennt geführt werden)		Darstellung der Geländeform durch Isohypsen
	1,2ch od 10/3°.el/xx *Meßstelle Schüttung		Tobel, scharfe Einkerbung
	Versickerung		Steilabfall Wand
	Schwinde		Verebnung
	Schwemmkegel		Depression Einmuldung, Doline
	Trockenrinne		Moräne
	Sumpf Vernässung		
	See Lacke		
	Wiese		
	Wald		
	Blockwerk Bergsturz		

* nur in Geländeskizze
im Bericht: fortlaufende Nummern
umlaufend - ohne Kreis
Daten in eigenem Formblatt
Leitfähigkeit auf 20°C korrigiert
Schüttung nur in l/s oder min.

Seebach Qu.Nr. 52 bis 71

Musterblatt 2



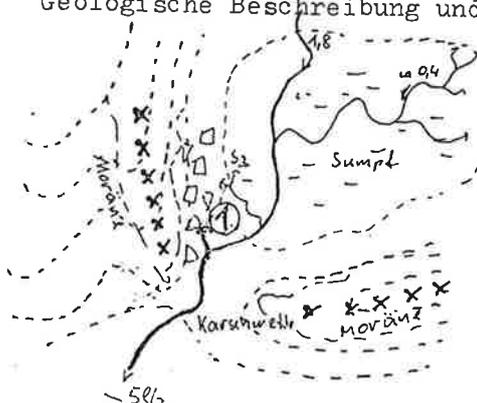
Q u e l l k a t a s t e r

Flußgebiet: Quelle Nr.: ...Se.1.....
 A Mur Höhe171a.....
 B ...Schwarza Sulm ortsübl.Bez.:
 C Seebach Koordinaten:
 D südl.Zubringer
 Gemeinde: ..Garanas.....KG.: ..
 Grundstück Nr.:Besitzer: ..Lichtenstein..
 :
 gefaßt/ungefaßt:gemessen mit: Rinne + Kübel.....

Wetter vor und am Entnahmetag:

	a	b	c	d
am	10.9.71	14.9.71		
Schüttung	1 l/s	2,5 l/s		
Temperatur	4,8	4,0		
Leitfähigkeit	4,7/70,6 kom.	48/74 korr.		
pH-Wert	7,3	7,7		

Geologische Beschreibung und sonstige Bemerkungen:



Lage am Rande eines Sumpfes. Temperatur und pH-Wert sprechen eher für einen Zuzug aus dem Bereich des Hangschuttes bzw. der Seitenmoräne.
 Für Austritte von Sumpfwasser in den Bach spricht im Bereich der Karschwelle hingegen eine deutliche Zunahme der Schüttung, welche mangels Gefälle jedoch nicht meßbar ist.

3 Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit

C 8

Temperatur-Korrekturfaktoren für die Leitfähigkeitsmessung										
t/°C	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0	1,784	1,773	1,772	1,765	1,758	1,751	1,744	1,737	1,731	1,724
1	1,717	1,711	1,705	1,699	1,692	1,686	1,680	1,673	1,667	1,661
2	1,655	1,649	1,642	1,637	1,631	1,626	1,619	1,614	1,609	1,603
3	1,597	1,591	1,585	1,580	1,574	1,569	1,564	1,558	1,553	1,548
4	1,543	1,537	1,532	1,527	1,522	1,517	1,512	1,507	1,502	1,497
5	1,492	1,487	1,482	1,478	1,473	1,468	1,463	1,459	1,454	1,449
6	1,444	1,440	1,435	1,431	1,427	1,422	1,417	1,413	1,409	1,405
7	1,400	1,396	1,391	1,387	1,382	1,378	1,374	1,370	1,366	1,363
8	1,359	1,355	1,351	1,347	1,343	1,339	1,335	1,331	1,327	1,323
9	1,319	1,315	1,311	1,307	1,303	1,300	1,297	1,293	1,289	1,286
10	1,282	1,278	1,275	1,272	1,268	1,264	1,260	1,257	1,254	1,250
11	1,247	1,244	1,240	1,237	1,233	1,230	1,226	1,223	1,219	1,216
12	1,213	1,210	1,207	1,204	1,201	1,198	1,194	1,191	1,188	1,185
13	1,182	1,179	1,176	1,173	1,169	1,166	1,163	1,160	1,157	1,154
14	1,151	1,148	1,145	1,143	1,140	1,138	1,135	1,132	1,129	1,126
15	1,123	1,120	1,117	1,115	1,112	1,110	1,107	1,104	1,101	1,098
16	1,095	1,093	1,090	1,088	1,085	1,084	1,081	1,078	1,075	1,073
17	1,071	1,068	1,066	1,063	1,060	1,057	1,055	1,052	1,050	1,048
18	1,046	1,044	1,042	1,039	1,037	1,034	1,032	1,030	1,027	1,025
19	1,023	1,021	1,019	1,016	1,013	1,011	1,009	1,006	1,004	1,002
20	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	0,983	0,981
21	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,969	0,967	0,965	0,963	0,960
22	0,958	0,956	0,954	0,952	0,950	0,948	0,945	0,943	0,941	0,939
23	0,937	0,936	0,934	0,933	0,931	0,929	0,927	0,925	0,923	0,921
24	0,919	0,918	0,916	0,914	0,912	0,910	0,908	0,906	0,904	0,903
25	0,901	0,900	0,898	0,896	0,894	0,892	0,890	0,888	0,886	0,885

Geräte und Chemikalien

Leitfähigkeits-Meßgerät (Meßbrücke)

Leitfähigkeits-Meßgefäß mit Platinelektroden

Meßkolben, Inhalt 1000 ml

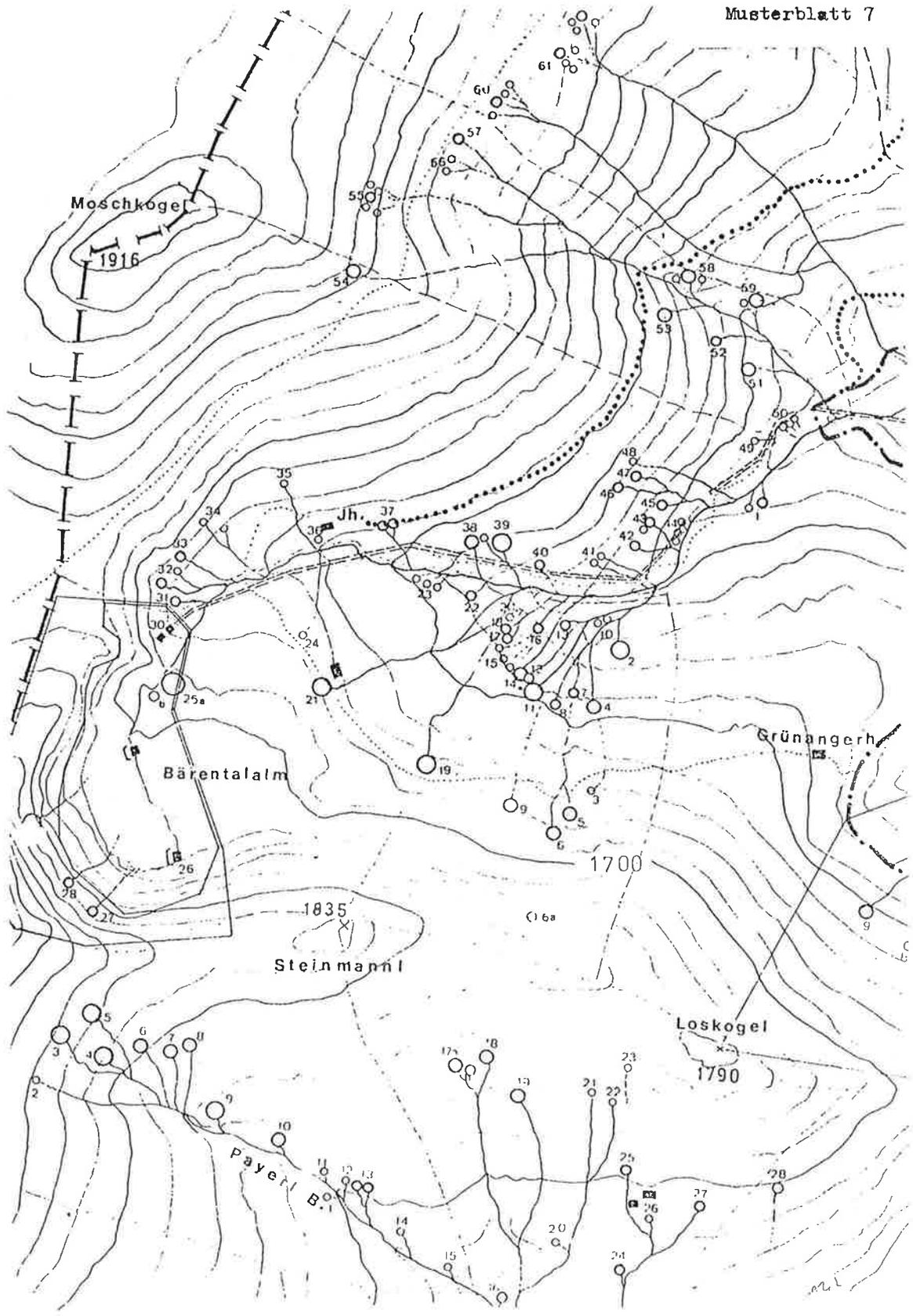
Kaliumchlorid, KCl p. a., 2 Stunden bei 105°C getrocknet

Kaliumchlorid-Lösung 0,1 n: 7,456 g KCl p. a. mit doppelt dest. Wasser von 20°C zu 1000 ml aufgefüllt ($\kappa_{20} = 11,676 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$).Kaliumchlorid-Lösung 0,01 n: 100 ml der 0,1 n Lösung werden mit doppelt dest. Wasser von 20°C zu 1000 ml aufgefüllt ($\kappa_{20} = 1,278 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$).

Das für die Herstellung der Kaliumchlorid-Lösungen verwendete Wasser

Zur Berechnung eines auf 20°C korrigierten Leitfähigkeitswertes wird der bei Quellaufnahme gemessene Wert jeweils mit dem der Quelltemperatur entsprechenden Korrekturfaktor lt. Tabelle multipliziert.





ZEICHENSCHLÜSSEL

SCHÜTTUNG l/s

1 ○ 0,1

2 ○ 0,1- 0,3

3 ○ 0,3- 1

4 ○ 1- 3

5 ○ 3- 5

6/7 ○ 5

□ gefaßte Quelle

Jolly Nr. TEMPERATUR C°

○ < 2

12 ● 2-3

27 ● 3-4

13 ● 4-5

11 ● 5-6

2 ● 6-7

4 ● 7-8

7 ● > 8

LEITFÄHIGKEIT in μS
korr. auf 20°C

2 ● < 30

15 ● 30 - 70

17 ● 70 - 100

12 ● 100 - 150

11 ● 150 - 300

31 ● 300 - 600

5 ● 600 - 1000

7 ● > 1000

PH WERTE

7 ● < 5,5

4 ● 5,5 - 6,5

2 ● 6,5 - 7,5

18 ● 7,5 - 8,5

12 ● > 8,5

6 VERZEICHNIS DER BISHER ERSCHEINENEN BÄNDE

Band	Titel
1	VORTRAGSREIHE ABFALLBESEITIGUNG, 18. April 1964. Neuauflage 1968, von W. Tronko, P. Bilek, J. Wotschke, K. Stundl, F. Heigl, E.v. Conrad.
2	EIN BEITRAG ZUR GEOLOGIE UND MORPHOLOGIE DES MÜRZTALES, von R. Sperlich, W. Scharf, A. Thurner, 1965.
3	VORTRAGSREIHE ABFALLVERARBEITUNG, 18. März 1965, von F. Fischer, R. Braun, F. Schönbeck, W. Tronko, K. Stundl, B. Urban.
4	GEWÄSSERSCHUTZ IST NÖTIG, von J. Krainer, F. Hahne, H. Kalloch, F. Schönbeck, H. Moosbrugger, L. Bernhart, W. Tronko, 1965.
5	DIE MÜLLVERBRENNUNGSANLAGE - VERSUCH EINER ZUSAMMENFASSENDEN DARSTELLUNG, von F. Heigl, 1965.
6	VORTRAGSREIHE ABFALLVERARBEITUNG, 18. November 1965, von F. Schönbeck, H. Sontheimer, A. Kern, H. Rasworschegg, J. Wotschke, J. Brodbeck, R. Spinola, K. Stundl, W. Tronko, 1966.
7	SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN IM GRUNDWASSERFELD FRIESACH NÖRDLICH VON GRAZ, von H. Zetinigg, Th. Puschnigg, H. Novak, F. Weber, 1966.
8	DER MÜRZVERBAND, von E. Fabiani, P. Bilek, H. Novak, E. Kauderer, F. Hartl, 1966.
9	RAUMPLANUNG, FLÄCHENNUTZUNGSPLÄNE DER GEMEINDEN, von J. Krainer, H. Wengert, K. Eberl, F. Plankensteiner, G. Gorbach, H. Egger, H. Hoffmann, K. Freisitzer, W. Tronko, H. Bullmann, I.E. Holub, 1966.
10	SAMMLUNG, BESEITIGUNG UND VERARBEITUNG DER FESTEN SIEDLUNGSABFÄLLE, von H. Erhard, 1967.
11	SIEDLUNGSKUNDLICHE GRUNDLAGEN FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFTLICHE RAHMENPLANUNG IM FLUSSGEBIET DER MÜRZ, von H. Wengert, E. Hillbrand, K. Freisitzer, 1967.
12	HYDROLOGIE DES MURTALES, von N. Anderle, 1969
13	10 JAHRE GEWÄSSERGÜTEAUFSICHT IN DER STEIERMARK 1959 - 1969, von L. Bernhart, H. Sölkner, H. Ertl, W. Popp, M. Noe, 1969.
14	GEWÄSSERSCHUTZMASSNAHMEN IN SCHWERPUNKTGEBIETEN STEIERMARKS, 1970 (DAS VORLÄUFIGE SCHWERPUNKTPROGRAMM 1964 UND DAS SCHWERPUNKTPROGRAMM 1966), von F. Schönbeck, L. Bernhart, E. Gangl, H. Ertl.
15	INDUSTRIELLER ABWASSERKATASTER STEIERMARKS, von L. Bernhart, 1970
16/17	TÄTIGKEITEN UND ORGANISATION DES WIRTSCHAFTSHOFES DER LANDESHAUPTSTADT GRAZ, ABFALLBEHANDLUNG IN GRAZ, LITERATURANGABEN ZUM THEMA "ABFALLBEHANDLUNG", von A. Wasle
18	ABWASSERFRAGEN AUS BERGBAU UND EISENHÜTTE, von L. Bernhart, K. Stundl, A. Wutschel, 1971.

- 19 MASSNAHMEN ZUR LÖSUNG DER ABWASSERFRAGEN IN ZELLSTOFFFABRIKEN, von B. Walzel - Wiesentreu, W. Schönauer, 1971.
- 20 BODENBEDECKUNG UND TERRASSEN DES MURTALES ZWISCHEN WILDON UND DER STAATSGRENZE, von E. Fabiani, M. Eisenhut, mit Kartenbeilagen, 1971.
- 21 UNTERSUCHUNG AN ARTESISCHEN WÄSSERN IN DER NÖRDLICHEN OST-STEIERMARK, von L. Bernhart, J. Zötl, H. Zetinigg, 1972.
- 22 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM SÜDÖSTLICHEN GRAZERFELD, von L. Bernhart, H. Zetinigg, J. Novak, W. Popp, 1973.
- 23 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM NORDÖSTLICHEN LEIBNITZERFELD, von L. Bernhart, E. Fabiani, M. Eisenhut, F. Weber, E.P. Nemecek, Th. Glanz, W. Wessiak, H. Ertl, H. Schwinghammer; 1973
- 24 GRUNDWASSERVERSORGUNG AUS DEM LEIBNITZERFELD von L. Bernhart, 1973.
- 25 WÄRMEBELASTUNG STEIRISCHER GEWÄSSER, von L. Bernhart, H. Niederl, J. Fuchs, H. Schlatte, H. Salinger, 1973.
- 26 DIE ARTESISCHEN BRUNNEN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von H. Zetinigg, 1973.
- 27 DIE BEWEGUNG VON MINERAÖLEN IN BODEN UND GRUNDWASSER, von L. Bernhart, 1973.
- 28 KENNZAHLEN FÜR DEN ENERGIEWIRTSCHAFTLICHEN VERGLEICH THERMISCHER ABLAUGEVERWERTUNGSANLAGEN, von L. Bernhart, D. Radner, H. Artledter, 1974.
- 29 GENERALPLAN DER WASSERVERSORGUNG STEIERMARKS, ENTWURFSSTAND 1973, von L. Bernhart, E. Fabiani, E. Kauderer, H. Zetinigg, J. Zötl, 1974.
- 30 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, 1. TEIL, EINFÜHRUNG, HYDROGEOLOGIE, KLIMATOLOGIE, von L. Bernhart, J. Zötl, H. Zojer, H. Otto, 1975.
- 31 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, 2. TEIL, GEOLOGIE, von L. Bernhart, P. Beck - Managetta, A. Alker, 1975.
- 32 BEITRÄGE ZUR WASSERWIRTSCHAFTLICHEN RAHMENPLANUNG IN DER STEIERMARK, von L. Bernhart, 1975.
- 33 HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AN BOHRUNGEN UND BRUNNEN IN DER OSTSTEIERMARK, von H. Janschek, I. Küpper, H. Polesny, H. Zetinigg, 1975.
- 34 DAS GRUNDWASSERVORKOMMEN IM MURTAL BEI ST. STEFAN O.L. UND KRAUBATH, von I. Arbeiter, P. Hacker, H. Janschek, H. Krainer, H. Ertl, J. Novak, D. Rank, F. Weber, H. Zetinigg, 1976.
- 35 WASSERVERSORGUNG FÜR DAS UIMLAND VON GRAZ. ZUR GRÜNDUNG DES WASSERVERBANDES UMLAND - GRAZ, von L. Bernhart, K. Pirkner, 1977.
- 36 GRUNDWASSERSCHONGEBIETE, von W. Kasper, H. Zetinigg, 1977.

- 37 VORBEREITUNG EINER ZENTRALWASSERVERSORGUNG FÜR DIE SÜDOST-STEIERMARK, von L. Bernhart, 1978.
- 38 ZENTRALWASSERVERSORGUNG FÜR DIE SÜDOSTSTEIERMARK, von L. Bernhart, 1978
- 39 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN MURTAL, von E. Fabiani, H. Krainer, H. Ertl, W. Wessiak, 1978.
- 40 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, 3. TEIL, DIE GRUNDWASSERFÜHRUNG IM TALE DER LASSNITZ, SULM, UND SAGGAU ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE UND LEIBNITZERFELD, von H. Fessler, 1978.
- 41 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, 4. TEIL, DIE GRUNDWASSERERSCHLIESSUNG IM TALE DER LASSNITZ, SULM, UND SAGGAU ZWISCHEN GRUNDGEBIRGE UND LEIBNITZERFELD, von H. Zetinigg, 1978.
- 42 ZUR GEOLOGIE IM RAUM EISENERZ - RADMER UND ZU IHREM EINFLUSS AUF DIE HYDROCHEMIE DER DORTIGEN GRUNDWASSER, von U. Mager, 1979.
- 43 DIE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE IM KAINACHTAL (ST. JOHANN O.H. - WEITENDORF), von M. Eisenhut, J. Novak, H. Zojer, H. Krainer, H. Ertl, H. Zetinigg, 1979.
- 44 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL I, NATURRÄUMLICHE GRUNDLAGEN; GEOLOGIE - MORPHOLOGIE - KLIMATOLOGIE, von E. Fabiani, V. Weissensteiner, H. Wakonigg, 1980.
- 45 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL II, DIE UNTERSUCHUNGEN: GESCHICHTE - DURCHFÜHRUNG - METHODIK; von E. Fabiani, 1980.
- 46 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL III, GEOPHYSIK - ISOTOPENUNTERSUCHUNG - HYDROCHEMIE, von Ch. Schmid, H. Zojer, H. Krainer, H. Ertl, R. Ott, 1980.
- 47 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL IV, DIE UNTERSUCHUNG IM TRAGÖSSTAL, von E. Fabiani, 1980.
- 48 GRUND- UND KARSTWASSERUNTERSUCHUNGEN IM HOCHSCHWABGEBIET, TEIL V, UNTERSUCHUNGEN IN DEN SÜDLICHEN HOCHSCHWABTÄLERN (ILGENER TAL BIS SEEGRABEN), von E. Fabiani, 1980.
- 49 UNTERSUCHUNG ÜBER DIE MÖGLICHKEIT ZUR ENTNAHME VON GRUNDWASSER IM SÜDLICHEN HOCHSCHWABGEBIET UND DEREN BEWIRTSCHAFTUNG, von Ch. Meidl, J. Novak, W. Wessiak, 1980.
- 50 KONZEPT EINER ZENTRALWASSERVERSORGUNG HOCHSCHWAB SÜD, von L. Bernhart, 1980.
- 51 REGIONALE ABWASSERANLAGEN IN DER STEIERMARK, BEMÜHUNGEN UND ERGEBNISSE, von L. Bernhart, P. Bilek, E. Kauderer, H. Senekowitsch, O. Thaller, 1980.
- 52 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM MURTAL ZWISCHEN KNITTELFELD UND ZELTWEG, von I. Arbeiter, H. Krainer, H. Ertl, H. Zetinigg, 1980.

- 53 GRUNDWASSERUNTERSUCHUNGEN IM UNTEREN SAGGAUTAL, von I. Arbeiter, H. Krainer, H. Zetinigg, 1980.
- 54 "10 JAHRE WASSERVERBAND HOCHSCHWAB - SÜD" von L. Bernhart, W. Kneissel, J. Novak, R. Ott, F. Schönbeck, 1981.
- 55 DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKBAUES VON OBERVOGAU AUF DAS GRUNDWASSER, von H. Fessler, 1981.
- 56 FESTVERANSTALTUNG "10 JAHRE WASSERVERBAND HOCHSCHWAB - SÜD 1971 - 1981", von L. Bernhart, R. Burgstaller, M. Rupprecht, H. Sölkner, G. Bujatti, E. Wurzer, A. Zdarsky, J. Krainer, V. Ahrer, 1981.
- 57 GRUNDLAGEN FÜR WASSERVERSORGUNGSWIRTSCHAFTLICHE PLANUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L. Bernhart, E. Hübl, E. Schubert, E. Fabiani, H. Zetinigg, H. Zojer, E.P. Nemecek, E.P. Kauch, 1981.
- 58 WASSERBEDARF DER SÜDWESTSTEIERMARK, von L. Bernhart, 1982.
- 59 KOSTENAUFTEILUNGSSCHLÜSSEL FÜR ABWASSERVERBÄNDE, von P. Bilek, E. Kauderer, 1982.
- 60 DIE QUELLEN DES SCHÖCKLGEBIETS, von H. Zetinigg, W. Griessler, Th. Untersweg, V. Weissensteiner, Ch. Meidl, 1982.
- 61 BEDARFSERMITTLUNG FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSERVERBUND, von Ch. Meidl, Ch. Kaiser, mit einer Einführung von L. Bernhart, 1983.
- 62 DIE MESSUNGEN DER FLIESSGESCHWINDIGKEITEN DES GRUNDWASSERS IM MUR- UND MÜRZTAL, von H. Zetinigg, 1983.
- 63 GRUNDLAGEN FÜR EINEN STEIRISCHEN WASSERVERBUND - LEITUNGSFÜHRUNGEN IN DER SÜDWESTSTEIERMARK, von J. Novak, Ch. Kaiser, 1983.
- 64 STEIRISCHES WASSERVERBUNDMODELL 1982, von J. Novak, 1983.
- 65 DER KARST AM OSTUFER DER WEIZKLAMM, von G. Fuchs, 1983.
- 66 HYDROGEOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN DEN NÖRDLICHEN GESÄUSEBERGEN, von W. Kollmann, 1983.
- 67 DIE AUSWIRKUNGEN DES KRAFTWERKBAUES SPIELFELD AUF DAS GRUNDWASSER, von H. Fessler, 1983.
- 68 BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER ARTESISCHEN WÄSSER IM STEIRISCHEN BECKEN, von H. Zojer, H. Zetinigg, 1987.
- 69 BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DER GESPANNTEN GRUNDWÄSSER IM MITTERENNTAL UND PALTENTAL, von G. Suetter, H. Zetinigg, 1988.
- 70 GRUNDWASSERMODELL MURTAL, ABSCHNITT ST. STEFAN O.L. - KRAUBATH, von W. Erhart - Schippeck, Ch. Kaiser, 1990.
- 71 KARSTHYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM WEIZER BERGLAND, von P. Hacker, 1991.

- 72 MARKIERUNGSVERSUCHE IN KARSTGEBIETEN DER STEIERMARK, von A. Huber, M. Pöschl, H. Zetinigg, 1991.
- 73 KARSTHYDROLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IM EINZUGSGEBIET DES MIX-NITZBACHES, von H. Stadler, 1992.
- 74 HYDROGEOLOGIE UND GRUNDWASSERMODELL DES LEIBNITZERFELDES, von J. Frank, A. Jawecki, H.P. Nachtnebel, H. Zojer, 1993.
- 75 UNTERSUCHUNGEN DER GESPANNTEN GRUNDWASSERVORKOMMEN IM FEIS-TRITZTAL UND SAFENTAL, OSTSTEIERMARK, von H. Bergmann, A. Lettowsky, E. Niesner, Ch. Schmid, J. Schön, F. Überwimmer, 1993.
- 76 GROSSPUMPVERSUCH UND GRUNDWASSERMODELL KALSDORF, von J., Fank und G. Rock, 1994
- 77 DIE NEUEN GRUNDWASSERSCHUTZGEBIETE von F. Bauer, A. Bernhart, R. Guschlbauer, Ch. Kaiser, H. Stadlbauer, G. Suetta, H. Zetinigg, 1995
- 78 DIE QUELLEN DER BLOCKGLETSCHER IN DEN NIEDEREN TAUERN von Th. Unterweg und A. Schwendt, 1995
- 79/1 DER QUELLKATASTER DER STEIERMARK von H. Zetinigg, E. Fabiani, H. Stadlbauer
79/2 und N. Plass, 1996

Die Berichtsbände sind, soweit noch nicht vergriffen, in der Fachabteilung IIIa, Ref. II - Wasserversorgung, (Stempfergasse 5 - 7, III. Stock, 8010 Graz) erhältlich

